



Influência do tipo de vidro de cobertura na produtividade do tomate em estufa

Débora Sousa Nascimento

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Agronómica – Hortofruticultura e Viticultura

Orientador: Doutor António José Saraiva de Almeida Monteiro

Júri:

Presidente: Doutora Cristina Maria Moniz Simões Oliveira, Professora Associada com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: - Doutor António José Saraiva de Almeida Monteiro, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

- Doutor João Carlos da Silva Dias, Professor Associado com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Lisboa, 2015

Agradecimentos

Ao Professor António Monteiro, meu orientador, por todos os ensinamentos e pela disponibilidade demonstrada no acompanhamento do ensaio.

Ao Professor João Silva Dias pelos seus apontamentos finais, que tornaram este trabalho melhor.

À Atlantic Growers por me permitir realizar o ensaio e estágio, numa das melhores empresas situadas em Portugal.

Em particular ao Eng.º Jonatan Mestre por todos os ensinamentos, e disponibilidade em ensinar tudo o que sabe.

Ao Ferdinand Enthoven pela disponibilidade de todos os dados, essenciais á conclusão desta tese.

A toda a minha família, em particular aos meus avós e mãe, sem eles isto não teria sido possível. Obrigado por todo o apoio e dedicação aos meus objetivos.

A todos os amigos, particularmente ao João Duarte Cláudio Guerreiro, Inês Marques, Ana Cristina e Sérgio Fontes, que me apoiaram e “aturaram” nesta fase.

Aos meus gatos, Gandhi e Pinky, pela companhia e lealdade.

Obrigado, a todos!

Resumo

Foi realizado um ensaio, nas estufas de vidro da empresa Atlantic Growers, com o objetivo de comparar o efeito do grau de difusibilidade de três tipos de vidros, 45, 75 e liso, de cobertura na produtividade de uma cultura de tomate ao longo do período Dezembro-Maio. O tomate foi produzido em cultura sem solo, com substrato de lã de rocha, numa estufa de vidro aquecida, com adição de CO₂, e com diferentes tipos de vidro de cobertura.

Com a análise dos dados que a empresa possui a cerca dos níveis de CO₂ dentro das estufas, foi possível verificar-se que o consumo de CO₂ na estufa de vidro liso foi mais elevado durante os períodos com menos luz, indicando que as plantas sob vidro liso são fotossinteticamente mais ativas do que as plantas sob vidro com 45 e 75% de difusibilidade da luz.

Com os registos diários de produtividade por linha foi possível comparar as produtividades entre os dois vidros difusos. O vidro 75% possuiu maiores produtividades com maior disponibilidade luminosa e o vidro 45% maiores produtividades nas condições inversas.

As plantas sob vidro com 45% de difusibilidade para a luz tiveram, em geral, maior crescimento do caule, massa foliar específica, produtividade, e °Brix e acidez dos frutos, durante os períodos de menor intensidade de radiação global em comparação com as plantas sob vidro com 75% de difusibilidade.

Os resultados mostraram que existe uma estreita ligação entre a eficácia do vidro difusor da luz e a intensidade da radiação global, pelo que a escolha do tipo de vidro tem que ter conta a época do ano e o clima local.

Palavras-Chave: Vidro 45, vidro 75, vidro liso, radiação solar e transmissividade.

Abstract

A trial was performed, in glasshouses of Atlantic Growers company, to compare the effect of the three diffusibility degree, 45%, 75% and *standart*, from the cover glass in the productivity of a tomato crop between December and May. The tomato was produced in soilless culture, in a heated glasshouse, with addition of CO₂. It was used different types of cover glass.

With the data that the company has about CO₂ level inside of greenhouses, it was possible to observe that consume of CO₂ in a smooth glass greenhouse was highest during the periods with less light. This shows that the plants under smooth glass are more photosynthetically active than the plants in a glasshouse with 45 and 75% of light diffusibility.

With daily records by line of the productivity it was possible to compare the productivity between the two diffuse glass. The 75% glass possessed higher yields with more light availability than glass 45%.

In general, the plants under glass with 45% of light diffusibility had higher stem growth, leaf specific matter content, Brix and fruit acidity than the plants under glass with 75% of diffusibility when the global radiation was less intense.

The results showed that there is a close connection between the effectiveness of the protective glass of the light and the intensity of global radiation. So the choice of glass type must to take in consideration the seasons and the local climate.

Keywords: Glass 45, glass 75, smooth glass, solar radiation and transmissivity.

Índice

1. Introdução.....	1
2. Evolução das infraestruturas agrícolas.....	3
3. Estufas de vidro difuso e sua influência no desenvolvimento culturas.....	5
4. Influência da luz no desenvolvimento do tomateiro.....	7
5. Caracterização do clima na Costa Vicentina.....	9
6. Materiais e Métodos.....	12
6.1. Localização do ensaio.....	12
6.2. Caracterização da Estufa.....	12
6.4. Técnicas Culturais.....	13
6.5. Material Vegetal.....	14
6.6. Ambiente na estufa.....	14
6.7. Dispositivo experimental	16
6.8. Observações	17
6.9. Cultura	17
6.9.1. Vidro Difuso vs Vidro Liso.....	17
6.9.2. Vidro Difuso 50% vs Vidro Difuso 75%.....	17
6.10. Análise estatística	19
7. Resultados.....	19
7.1. Vidro difuso vs Vidro liso.....	19
7.1.1. Medição indirecta da fotossíntese.....	19
7.2. Vidro difuso 45 vs vidro difuso 75.....	21
7.2.1. Área foliar.....	21
7.2.2. Massa seca da folha.....	22
7.2.3. Massa foliar específica.....	24
7.2.4. Crescimento da planta.....	26
7.2.5. Número defolhas formadas.....	28
7.2.6. Números de cachos formados	29
7.2.7. Produtividade.....	31
7.2.8. Peso médio dos frutos.....	32
7.2.9. °Brix dos frutos.....	34

7.2.10. Acidez dos frutos.....	35
8. Discussão dos Resultados.....	37
9. Conclusões.....	38
10. Referências Bibliográficas.....	39
Anexo 1- Calendário das observações realizadas.	42

Índice de figuras

Figura 1- Clima de Portugal, segundo a classificação de Koppen.....	9
Figura 2- Insolação média mensal em Portugal Continental.....	10
Figura 3- Radiação média mensal em Portugal Continental.....	11
Figura 4- Ângulos de incidência do sol no teto das instalações da Atlantic Growers, em diferentes meses do ano.....	11
Figura 5- Localização do ensaio.....	12
Figura 6- Transmissividade do vidro 75% em função do ângulo de incidência da luz.....	15
Figura 7- Transmissividade do vidro 45% em função do ângulo de incidência da luz.....	15
Figura 8- Ação do tratamento AR (antirreflexo) nos vidros. Fonte: www.sunarc.net	16
Figura 9- Níveis de CO ₂ no interior das estufas de vidro liso e difuso e o número médio de horas de sol ao longo do período de observações.....	20
Figura 10- Níveis de CO ₂ no interior das estufas de vidro liso e vidro difuso e radiação global (J/m ²) ao longo do período de observações.....	20
Figura 11- Média da área foliar das folhas sob vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.....	22
Figura 12- Média da área foliar das folhas sob vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm ²) ao longo do período de observações.....	22
Figura 13- Massa seca média das folhas sob vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol. (Letras diferentes significam que para um nível de significância de 0,05 houve diferenças significativas entre as médias.....	23
Figura 14- Massa seca média das folhas sob vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm ²) ao longo do período de 24	24
Figura 15- Massa foliar média específica das folhas sob o vidro 45 e 75 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.....	25
Figura 16- Massa foliar média específica das folhas sob o vidro 45 e 75 e radiação global (J/cm ²) ao longo do período de observações.....	25
Figura 17- Crescimento médio semanal das plantas sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.....	26
Figura 18- Crescimento médio semanal das plantas sob o vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm ²) ao longo do 27	27
Figura 19- Número médio de folhas formadas semanalmente nas plantas sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.....	28
Figura 20- Número médio de folhas formadas semanalmente nas plantas sob o vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm ²) ao longo do período de observações.....	29

Figura 21- Número médio de cachos formados semanalmente nas plantas sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.	30
Figura 22- Número médio de cachos formados semanalmente nas plantas sob o vidro 75 e 45 e radiação.....	30
Figura 23- Produtividade semanal da cultura sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.	31
Figura 24- Produtividade semanal da cultura sob o vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm^2) ao longo do período de observações.....	32
Figura 25- Peso médio dos frutos formados sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.	33
Figura 26- Peso médio dos frutos formados sob o vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm^2) ao longo do período de observações.....	33
Figura 27- °Brix médio dos frutos formados sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas ao longo do período de observações.....	34
Figura 28- °Brix médio dos frutos formados sob o vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm^2) ao longo do período de observações.....	35
Figura 29- Acidez média dos frutos formados sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.....	36
Figura 30- Acidez média dos frutos formados sob o vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm^2) ao longo dos períodos de observações.	36

Símbolos e Abreviaturas

CO₂ – Dióxido de Carbono.

HR – Humidade Relativa.

Vidro 45 – Cobertura com $42 \pm 5\%$ de difusibilidade da luz.

Vidro 75 – Cobertura com $75 \pm 5\%$ de difusibilidade da luz.

ANOVA – Análise de variância.

°Brix – Teor de sólidos solúveis (TSS)

1. Introdução

Este ensaio decorreu de Dezembro de 2014 a Maio de 2015, na empresa Atlantic Growers, situada no Malavado, Freguesia de S.Teotónio, Concelho de Odemira.

Com a necessidade cada vez mais crescente de competir com os países que conseguem produções com menor custos, a empresa investiu na alta tecnologia para conseguir pôr no mercado o seu produto fora da época normal de colheita. A alta tecnologia utilizada permite assim à Atlantic produzir pimento e tomate de alta qualidade no Inverno, época em que a oferta é menor conseguindo obter um preço mais elevado pelos seus produtos. O objetivo principal é exportar para os Países Nórdicos, como a Holanda e Inglaterra, que valorizam a qualidade dos produtos frescos.

Como o interesse principal é produzir na época do ano com menores disponibilidades luminosas, este torna-se um fator crucial para o sucesso da produção.

Sabe-se que a luz, temperatura, disponibilidade de água e de nutrientes são os fatores de maior limitação para as culturas. Em condições de ambiente controlado a disponibilidade de luz torna-se o único fator crucial para obtenção de bons resultados produtivos.

Como referido por Campillo *et al.* (2013) a produtividade das culturas depende da capacidade das plantas interceptarem a luz. No caso de culturas protegidas implica práticas e infraestruturas que permitam a máxima incidência da luz solar em todo o prolongamento da planta.

A luz solar direta ao incidir na cultura provoca áreas de ensombramento, levando a que as folhas dos níveis mais baixos não obtenham taxas de fotossíntese elevadas.

Com a recente utilização de coberturas difundem a luz solar, que nelas incide, as áreas de ensombramento diminuem significativamente com a melhor distribuição da luz. As folhas dos níveis inferiores com a homogeneização luminosa obtém taxas fotossintéticas maiores, levando a melhores desempenhos culturais.

Assim a utilização de coberturas difusas são um ato consumado para uma maior eficiência de utilização da radiação solar. Partindo deste pressuposto a Atlantic Growers apostou na construção de estufas com vidro difuso, para solucionar a limitação de radiação solar na época de maior importância produtiva.

Foram utilizados dois tipos de vidros difusos. Os vidros são construídos com os mesmos materiais e ambos receberam tratamento antirreflexo (AR), para que a transparência à luz não fosse prejudicada.

Os vidros diferem no seu grau de difusibilidade da luz solar e da transmissividade da luz em função do ângulo de incidência dos raios solares.

O vidro 45 possui $42 \pm 5\%$ de difusibilidade e o vidro 75 possui $75 \pm 5\%$, respectivamente. O vidro 45 possui uma maior transparência à radiação solar em baixos ângulos de incidência, contrariamente ao vidro 75.

O ensaio realizado foi concebido para perceber qual dos níveis de difusidade mais adequados para o desenvolvimento da cultura do tomate, em função da época do ano.

Para comparar os dois tipos de vidro difuso fez-se medições às plantas, respectivamente ao seu crescimento, área foliar e peso específico das folhas, nº de folhas e cachos formados e produtividade. E avaliações ao produto final, tomate, respectivamente peso médio, acidez e °brix.

Em simultâneo realizou-se uma comparação do vidro difuso e com vidro liso. Apenas se avaliou indiretamente a atividade fotossintética da cultura presente em cada estufa. Não se pôde efetuar mais avaliações pois as variedades presentes nas estufas são diferentes, não permitindo avaliações mais específicas.

Nas estações em que o ângulo de incidência dos raios solares sejam menores será de esperar que o vidro 45 tenha vantagem, devido à significativa diferença da transparência da luz com o vidro 75. Estas vantagens partem do pressuposto que maior disponibilidade luminosa leva a melhores resultados culturais.

2. Evolução das infraestruturas agrícolas

A cultura protegida é uma agricultura especializada criada com o intuito de controlar o ecossistema, principalmente o clima. Esta agricultura é aplicada modificando as condições do ecossistema envolvente (solo, temperatura, radiação solar, vento, humidade e composição do ar). Ao modificar o ambiente natural das plantas consegue-se um prolongamento do período de colheita, após o ciclo normal da cultura, altura em que as culturas ao ar livre deixem de conseguir oferecer produto (Witter and Castilla, 1995).

Este tipo de agricultura permite uma maximização da produtividade da cultura e da qualidade do produto e permite uma produção constante ao longo da campanha (Witter and Castilla, 1995), podendo-se estimar as produções ao longo da campanha.

O objetivo principal da cultura protegida é obter produtos de alto valor tanto pela qualidade como pela produção fora de época (Castilla, 2013).

Este cultivo fora de época foi exigido pela sociedade e pelos mercados hortícolas, que pretendem consumir toda a variedade de alimentos durante todo o ano, e de preferência frescos.

A baixa radiação solar, temperatura e humidade desfavoráveis, limitação de água e nutrientes, presença de infestantes, níveis de CO₂ inadequados e temporais, são os fatores limitantes mais importantes da horticultura. Tornando o seu controlo um dos objetivos mais importantes da cultura protegida. Este tipo de cultura tem ainda por objetivo a proteção das culturas a doenças, pragas e potenciais predadores (Castilla, 2013).

A cultura protegida envolve uma série de técnicas para a modificação do ambiente natural das plantas. Que altera parcial ou totalmente o microclima para a maximização da sua produtividade, contribuindo simultaneamente para um uso mais eficiente dos recursos disponíveis. Os objetivos centrais da produção em cultura protegida são essencialmente: proteção da cultura de temperaturas excessivamente baixas ou altas, vento, chuva, geadas, neve, pragas, doenças, predadores (Castilla, 2013).

As primeiras infraestruturas agrícolas remontam ao Império Romano, utilizadas para a produção de pepinos. Estas eram utilizadas somente quando o tempo não era favorável e construídas com base pedras de mica e alabastros (Wittwer and Castilla, 1995). Este facto demonstra que já nessa época os nossos antepassados sentiam a necessidade de prolongar o cultivo de hortícolas para fora da sua estação de crescimento (Bot *et al.*, 2012). O prolongamento do cultivo permitiu-lhes um consumo mais diversificado de hortícolas durante

o ano. Como não tinham métodos de conservação sofisticados, como existe atualmente, tinham que se cingir unicamente aos produtos frescos.

No século 16th/17th as estufas expandiram-se principalmente em Inglaterra, Holanda, França, Japão e China. Expandindo-se mais tarde da Europa para a América e Ásia (Enoch and Enoch, 1999 citado por Castilla, 2013). Mas sofrendo alguma evolução durante essa emigração, passando a serem construídas com base em madeira ou bambu e cobertas por vidro ou papel oleado (Witter and Castilla, 1995).

Atualmente existem 2 tipos principais de estufa, em duas regiões geográficas distintas.

Na zona Mediterrânica as estufas são no geral caracterizadas pela sua simplicidade e o seu baixo investimento. São na sua maioria cobertas por filmes de plástico e com um deficiente controlo climático. Este tipo de estufa leva a uma elevada dependência do clima existente dentro da estufa em relação ao que se verifica no exterior, condição essa que condiciona a produção em certas épocas do ano, dependendo da cultura praticada (Menezes, 2011).

No Norte da Europa e na América do Norte a tecnologia já deu um salto muito maior, no que diz aos materiais utilizados nas construções de estufas. Atualmente cerca de 90% das estufas na Alemanha e 98% na Holanda, respetivamente são cobertas com vidro (Von Elsner *et al.*, 2000a,b citado por Castilla, 2013).

Estas infraestruturas estão equipadas com alta tecnologia de controlo ambiental o que lhes permite o cultivo de quase todas as culturas durante todo o ano e permitindo uma produtividade e qualidade de produto muito maior. Por exemplo, numa única cultura de tomate cultivada no Norte da Europa em estufas de vidro pode obter-se num período de 10 meses 250 t/ha, enquanto nas estufas mediterrânicas se obtêm apenas 90 t/ha (Observatório do Tomate, 2015). Esta evolução agrícola sentida no Norte da Europa deu-se principalmente no século XX graças ao desenvolvimento económico desse período (Wittwer and Castilla, 1995).

Com a crise económica sentida no século XXI parte das estufas situadas no Norte da Europa, principalmente na Holanda, deslocaram-se para a Bacia Mediterrânica. Esta deslocação deveu-se sobretudo à aliança entre o baixo custo de infraestruturas cobertas com plástico e aos baixos custos de produção de vegetais fora da estação normal (Castilla, 1994). Um fator crucial para a deslocação ser para o mediterrânico foi o facto de em países como Portugal, a radiação solar não ser uma das maiores condicionantes da produção agrícola no Inverno, ao contrário do que acontece com países no Norte da Europa. Sabe-se que o crescimento dos tomateiros depende fortemente da radiação que recebe. Em geral um decréscimo de 1% de luz leva a um decréscimo de produção e crescimento entre os 0.7-1% (Bot *et al.*, 2012).

A deslocação para os mercados nacionais e europeus, dos produtos produzidos no Mediterrâneo, foi facilitada com a evolução logística que se verificou, nesse mesmo período (Castilla, 2013).

Com evolução da logística tornou-se fácil a deslocação dos produtos para os mercados nacionais e europeus onde a procura, juntamente com o poder de compra dos consumidores, aumentou com o desenvolvimento económico (Castilla, 2013).

3. Estufas de vidro difuso e sua influência no desenvolvimento culturas

Como é de conhecimento geral, as plantas necessitam de absorver luz para o seu processo fotossintético. Tal processo permite a produção de foto-assimilados, essenciais ao desenvolvimento da planta e dos seus frutos.

Da radiação total que chega à Terra as plantas apenas conseguem absorver uma pequena percentagem. A radiação potencialmente utilizada pelas plantas é designada por radiação PAR (radiação fotossinteticamente ativa) que compreende os comprimentos de onda entre os 400 e 700nm (Farkas *et al.*, 2001), designado por espectro de luz visível. Deste intervalo a luz azul (400-500nm) e a luz vermelha (~600nm) são as mais fortemente absorvidas pelas plantas, designado como espectro fotossintético específico (Lv *et al.*, 2014).

Em regiões de baixas temperaturas o uso de estufas de plástico é atrativo, para que se consiga manter as plantas a temperaturas adequadas ao seu desenvolvimento (Ming *et al.*, 2014). O seu uso não tem vindo a ter menor dispersão devido aos seus inconvenientes. Os filmes plásticos utilizados para estufas possuem um período de vida curto, alguma toxicidade e instabilidade química. O uso de vidro é mais vantajoso não só pelo fato de apresentar maior durabilidade, maior proteção às temperaturas exteriores e menor instabilidade química. Mas principalmente pelo fato de o vidro de uma maior transparência à luz do que os filmes de plástico utilizados (Lv *et al.*, 2014).

Segundo Farkas *et al.* (2001), a transmissividade das coberturas de plástico ronda 78% enquanto a do vidro 91%. Acrescenta-se que com o aumento do ângulo de incidência da luz a transmissividade da luz no plástico decresce mais rapidamente do que no vidro.

A maior transmissividade do vidro à luz resolve o inconveniente da pouca transparência dos plásticos, que trazia consequências negativas para as taxas fotossintéticas apresentadas pelas culturas (Ming *et al.*, 2014; Lv *et al.*, 2014).

Na escolha do vidro é importante ter em atenção a transmissão da luz normal e hemisférica, pois pode ser diferente e ter diferente importância na transparência da luz. As estufas requerem que haja um equilíbrio entre a maior disponibilidade de luz necessário no Inverno e os piques de luminosidade que ocorrem no verão e podem levar a foto-inibição e danos culturais (Dueck *et al.*, 2012; Muroka *et al.*, 1998).

No passado a utilização de vidro difuso levava a perdas de luz (Dueck *et al.*, 2012). Atualmente, estão disponíveis no mercado vidros com a mesma ou até mais transmissividade do que um vidro padrão, o liso. Tal inovação foi possível pelo uso de materiais puros (baixo teor em ferro) e tratamentos antirreflexo,

As propriedades óticas dos cobertos diferem com os climas. Países do Norte da Europa, como a Holanda, que possuem radiação solar diminuta tem menos potencial para a utilização de vidro difuso do que países do Mediterrâneo, como Portugal, que possui radiações superiores. Quanto maior a radiação global maior a percentagem de radiação direta que pode ser difundida, levando a melhores resultados na utilização de coberturas difusas (Hemmings *et al.*, 2008).

A luz difusa ao entrar nas estufas sofre uma melhor distribuição tanto no plano vertical como no horizontal, reduzindo os locais de alta intensidade luminosa e de sombras (Hemming *et al.*, 2007), levando a uma maior homogeneidade luminosa no interior da estufa.

Os vidros ditos normais não permitem tal distribuição, por essa razão são utilizadas cortinas ou vidros difusos que transformam a luz direta em luz difusa (Elings *et al.*, 2012).

Ao entrar na estufa a luz que passa através dos vidros difusores apresenta-se mais homogeneamente distribuída, permitindo uma maior penetração da luz na cultura, levando a taxas fotossintéticas mais elevadas no meio e nas camadas inferiores da vegetação (Li *et al.*, 2012).

Segundo Dueck *et al.* (2009) a melhor distribuição da luz leva a um melhoramento da produtividade da cultura de tomate, tanto em aumento do número de frutos como do seu peso. Este facto sugere um comportamento mais generativo da cultura, que sacrifica as folhas ao transferir mais foto-assimilados para os frutos. Estudos realizados na Holanda mostram que a produção de inúmeras culturas, como tomates, rosas e pepinos, aumentam cerca de 10% quando cultivadas sobre vidros de cobertura que difundem a luz (Hemmings *et al.*, 2014)

Dueck *et al.* (2009), no seu estudo em tomates realizado na Holanda, demonstrou que os níveis de CO₂ nas estufas de vidro difuso diminuem comparativamente com as estufas de vidro vulgar. Revelando uma maior absorção deste gás por parte das plantas, principalmente

na Primavera. Verificando-se um IAF (Índice de Área Foliar) menor nas culturas sobre luz difusa.

Na Holanda Hemming *et al.* (2008), verificou que para elevados níveis de radiação, os cobertos difusos levam a que as temperaturas no interior da estufa sejam mais baixas, diminuindo a transpiração das plantas o que incrementa a fotossíntese e o crescimento destas. Com a redução das temperaturas muitos autores defendiam que os produtores ao utilizarem esta tecnologia teriam mais gastos energéticos para o aquecimento das estufas, mas no ensaio realizado por Dueck *et al.* (2012) demonstrou que não há diferenças energéticas significativas entre os dois tipos de vidro: liso e difusor.

As coberturas com vidros difusores da luz permitem que as temperaturas no topo das plantas sejam mais reduzidas, e que a humidade relativa (HR) seja superior criando um melhor microclima para a planta, sem lhe causar *stress* térmico (Dueck *et al.*, 2009).

Para além das vantagens referidas anteriormente, estudos como o realizado por Dueck *et al.* (2012) na Holanda apontam para uma menor propensão da cultura do tomate a doenças como a *Botrytis spp.*, possivelmente devido a maiores teores de matéria seca e a um comportamento mais generativo da cultura. O autor também refere a possibilidade de as plantas sobre vidro difuso sofrerem menos *stresses* térmicos e foto-inibição tornando as plantas menos sensíveis a infeções.

4. Influência da luz no desenvolvimento do tomateiro

A fotossíntese é um processo bioquímico de conversão de luz em biomassa, essencial ao desenvolvimento das plantas. Para obtenção de boas produtividades as plantas necessitam dos elementos essenciais para a realização da fotossíntese: água, CO₂, radiação e temperatura. Assumindo que os outros parâmetros limitantes, como por exemplo nutrientes, são controlados, apenas a disponibilidade da radiação interfere na eficiência fotossintética (Kania and Giacomelli, 2008)

As folhas são os principais órgãos fotossintéticos, sendo a sua área, arquitetura e eficiência da conversão de energia em biomassa dependentes da sua capacidade de interceção à luz. Pelo que a maioria das estratégias de produção passa pela maximização da interceção da luz solar, para uma maior eficiência na utilização da luz (Campillo *et al.*, 2012).

Piken *et al.* (1985) refere que a qualidade e duração da luz não tem tanta influência no crescimento do tomateiro como o nível de radiação disponível. Ou seja, longos fotoperíodos

com baixas radiações são menos eficientes, do que baixos fotoperíodos com elevadas radiações.

Pelo contrário, Kotiranta (2013) afirma que a qualidade da luz afeta fortemente o crescimento das plantas. Sendo que, luz com comprimento de ondas majoritariamente na zona do verde, do espectro de luz visível, causa maior alongamento dos caules e das folhas. Pelo contrário radiações com comprimentos de onda majoritariamente na zona dos vermelhos e azuis levam a menores estiolamentos por parte das plantas.

Consequentemente, o estiolamento foliar leva a IAF (Índice de área foliar) maiores, devido ao aumento das áreas foliares específicas.

Maior radiação diária favorece o crescimento generativo do tomateiro, levando a que haja mais transporte de foto-assimilados para os frutos levando à produção de mais frutos e de maior peso, se houver vingamento destes (Verheul, 2012). No entanto, o mesmo autor comenta que o TSS (Teor de Sólidos Solúveis) não é afetada pela intensidade luminosa.

Apesar da melhor produtividade com o aumento da radiação os tomateiros possuem um ponto de saturação, situado à volta dos 13MJ /m²/dia. (Marinqye, 1993 citado por Jones, 2007). Acima do ponto de saturação as folhas sofrem um aumento de temperatura, que causam maiores necessidades de transpiração, o que leva uma diminuição do uso eficiente da luz, e consequentemente a perdas produtivas (Jones, 2007; Kalring and Krumbien, 2013). A eficiência fotossintética diminui cerca de 15% quando a temperatura sobe de 15 para 30 °C (Heuvelik, 2005).

Abaixo do ponto de saturação luminosa o tomateiro apresenta uma correlação positiva entre o aumento de radiação solar e a produtividade. Marinqye (1993 citado por Jones, 2007) refere que os tomateiros produzem 1.8 g de peso seco/MJ de radiação solar.

A redução de intensidades luminosas leva a reduções na fotossíntese pela redução de fótons fotossintéticos, afetando negativamente o crescimento da planta e o peso do fruto. As plantas adaptam-se morfológicamente à limitação luminosa, diminuindo a produção de folhas, aumentando as áreas foliares específicas e diminuindo a transpiração. Tendo sido apenas observado até ao momento influencia positiva na acidez, e nenhuma no TSS e licopeno dos frutos (Klating and Krumbien, 2013; Dueck *et al.*, 2012).

A luz difusa permite uma melhor distribuição da luz pelas plantas, facilitando a maximização da utilização de elevadas intensidades luminosas. Conduzindo a menores probabilidade de foto-inibição (Li *et al.*, 2012). As folhas inferiores e intermédias do tomateiro são favorecidas pela utilização de luz difusa, melhorando significativamente as suas taxas fotossintéticas

(Dueck et al., 2012; Li et al., 2012). Segundo Elings et al., 2012, as folhas que estariam à sombra quando incididas unicamente por luz direta apresentam taxas fotossintéticas inferiores às apresentadas quando incididas por luz difusa.

Gijssen, (1995, citado por Jones, 2007) refere que um aumento de 10% na eficiência da utilização da luz conduz a um aumento de 5% da fotossíntese em dias de céu limpo, e 8,8% em dias de céu nublado, respetivamente.

5. Caracterização do clima na Costa Vicentina

O clima difere de zona para zona, sendo definido como um conjunto de condições meteorológicas predominantes nesse local. É caracterizado pelo comportamento médio dos elementos meteorológicos ao longo de um período médio de 30 anos. (Ministério da Agricultura, 2007)

Segundo a classificação de Koppen Portugal é caracterizado por um clima Mediterrânico (Cs). É caracterizado por 3 condições principais:

(1) Verão seco, único clima, juntamente com o deserto, onde não chove durante os meses de Verão.

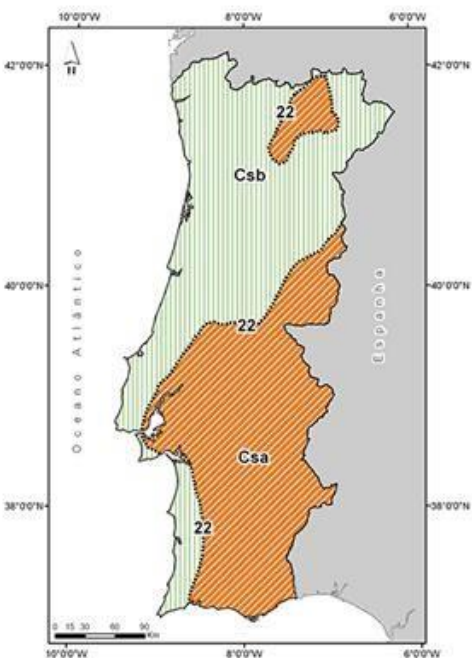


Figura 1- Clima de Portugal, segundo a classificação de Koppen

(2) Grande irregularidade inter-anual de precipitação, que se concentra nos meses mais frios.

(3) Frequente sucessão de ciclos de anos secos e ciclos de anos muito chuvosos.

Este possui duas subclassificações relacionadas com as características na estação de Verão.

O Clima Mediterrânico é considerado de verão quente (Csa) se a média do mês mais quente for superior a 22°C, e de verão fresco (Csb) se não ocorrer nenhum mês com temperatura superior a 22°C. Segundo esta classificação o local de ensaio, a povoação de Malavado, está inserido na Classificação de clima mediterrânico de verão quente (Csb) (Figura 1). Esta

região possui uma amplitude térmica reduzida devido á influência atlântica sentida (Ferreira, 2000).

Os principais elementos climáticos que influenciam o crescimento, desenvolvimento e performance produtiva das plantas são essencialmente a temperatura, precipitação e radiação solar. Neste trabalho vamos cingir-nos ao estudo da influência da radiação solar e a sua difusibilidade

Os países mediterrânicos, como Portugal, são favorecidos pela elevada radiação solar disponível ao longo do ano. Tal disponibilidade anual permite a existência de períodos de produção mais longos com maior produtividade e maturação adequada para diversas culturas.

A duração do sol ao longo do dia em Portugal, em geral, é caracterizada por um aumento progressivo de Janeiro a Julho, seguido de uma diminuição até Janeiro (Figura 2).



Figura 2- Insolação média mensal em Portugal Continental.

A variação da radiação global é caracterizada por um aumento de janeiro a julho, seguida de uma diminuição progressiva até dezembro (Figura 3).

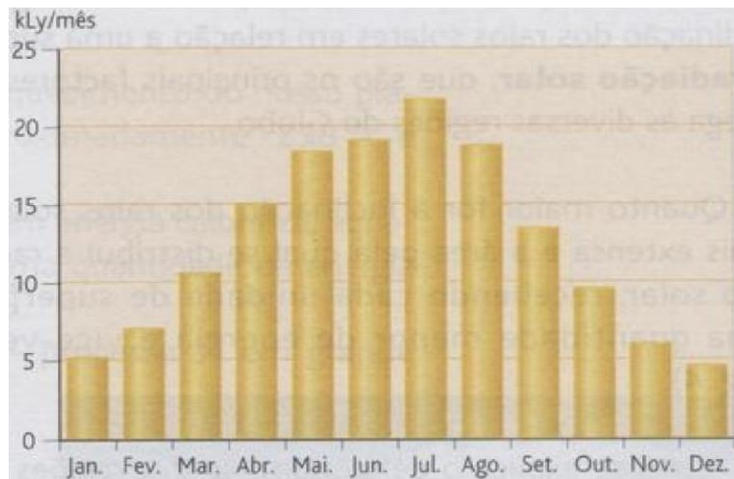


Figura 3- Radiação média mensal em Portugal Continental.

Ao longo do ano os ângulos de incidência do sol vai mudando gradualmente. Em geral, em Portugal nos meses de Inverno, quando os dias são mais curtos, os ângulos de incidência do sol são mais elevados. No Verão, quando os dias são mais longos, há uma maior amplitude dos ângulos de incidência.

A figura 4 exprime os ângulos de incidência do sol sobre o teto das instalações da Atlantic Growers. Nos meses de Inverno os ângulos não são inferiores a 45° , enquanto nos meses de Verão variam de 80° a 0° .

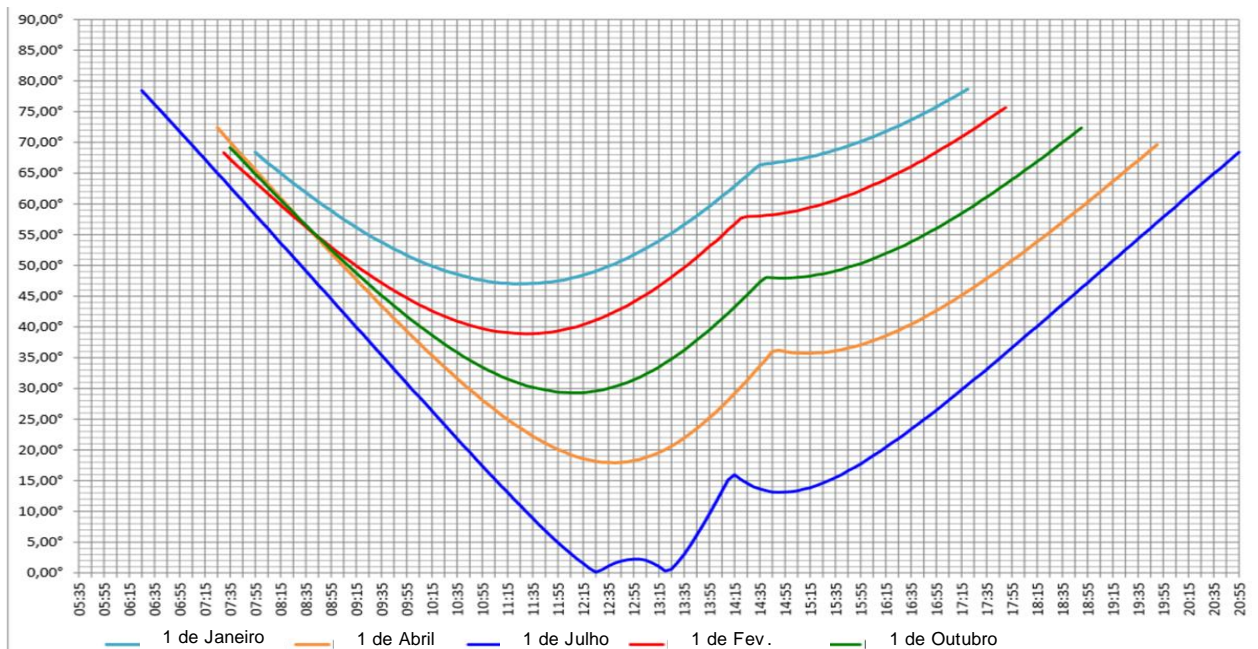


Figura 4- Ângulos de incidência do sol no teto das instalações da Atlantic Growers, em diferentes meses do ano.

6. Materiais e Métodos

6.1. Localização do ensaio

O ensaio decorreu na empresa Atlantic Growers localizada no Malavado, Freguesia de S.Teotónio, Concelho de Odemira.



Figura 5- Localização do ensaio.

6.2. Caracterização da Estufa

A empresa possui um total de 12,4 ha de estufas. Dos quais 6 ha são de estufa de cobertura de vidro liso e 6,4 ha de cobertura de vidro difuso. A estufa de vidro liso esta dividida fisicamente em duas, resultando duas estufas de 3 ha, onde são cultivados separadamente pimento Vitapep, e tomate, predominantemente mini-chucha cv. Angelle. Na estufa de vidro difuso apenas se cultiva tomate, na sua maioria cereja cv. Piccolo. E é constituída por 5,9 ha de cobertura com um nível de difusibilidade de 45% de difusidade e $\frac{1}{2}$ ha com um nível de 75%, respetivamente.

A empresa é caracterizada pelo alto nível tecnológico presente nas suas instalações agrícolas. Tudo o que influencia o crescimento e a produção cultural é controlado até ao último pormenor. O controlo é realizado em função, principalmente, da quantidade de luz disponível para as plantas em cada instante. A radiação PAR é o único fator limitante para a produção que não é possível controlar. Todos os outros fatores limitantes, como a temperatura, nível de CO₂, % de água nas placas, HR, são controlados através de sensores, para que o máximo de produção e qualidade seja atingido. Para este controlo há muita tecnologia envolvida, desde

janelas de abertura automática, que abrem e fecham segundo a temperatura pretendida e os níveis de HR do ar.

O sistema de cogeração, alimentado a gás natural, permite a produção de calor, CO₂ e energia elétrica. A produção de calor permite fornecer aquecimento às plantas quando este não é conseguido naturalmente. O CO₂ é injetado quando necessário, para que os níveis deste gás se mantenham constantes, e haja uma maior produção de foto-assimilados pelas plantas. A energia elétrica produzida é vendida à EDP, revelando-se um sistema bastante eficiente e rentável da utilização de um recurso não renovável.

Como a sujidade torna a cobertura opaca à luz a estufa está equipada com uma máquina de lavar vidros automática, para que não haja perdas de luz e a eficiência de utilização deste recurso seja garantida.

Toda a tecnologia, predominantemente Holandesa, utilizada em combinação com o excelente clima sentido na Costa Vicentina para a produção de hortícolas permite a produção de produtos de excelente qualidade durante o Outono/Inverno. Esta é uma época em que os países mais competitivos, como Espanha e alguns países do Norte da Europa, não conseguem obter produção, e assim a empresa consegue entrar no mercado atingindo preços mais elevados pelo seu produto.

6.4. Técnicas Culturais

É apenas realizado uma campanha anual do tomate, em que as plantas são plantadas no início de junho e retiradas em meados de maio. A produção nas estufas só para 3 semanas, para limpeza e desinfeção das instalações, pois após estas operações é realizada uma nova plantação.

A produção é em cultura sem solo, em que as plantas são plantadas em placas de lã de rocha e a rega é realizada por um sistema gota-a-gota, de controlo automático. A rega é controlada diariamente consoante o clima que se faz sentir, principalmente consoante a radiação disponível. Se o dia estiver nublado as plantas necessitam de menor quantidade de água, do que quando o céu estiver limpo. Este controlo diário, da quantidade de água a fornecer, permite que se consiga uma humidade constante nas placas.

Os tomateiros são tutorados, podendo atingir facilmente os 10 m de altura no final da campanha. Para que os trabalhos sejam facilitados todas as semanas as plantas são rebaixadas e presas em suportes que estão colocados nas calhas onde se encontram as

placas de lã de rocha. Assim os trabalhos necessários são feitos sempre á mesma altura, permitindo um maior facilitismo e eficiência aos trabalhadores.

A plantação da campanha de 2014-2015 foi iniciada com uma densidade de 3,85 plantas/m², quando a luz disponível começa a aumentar novamente, em meados de Janeiro, a densidade foi aumentada para 4,62 plantas/m². Próximo do fim da campanha, em meados de Maio, retirou-se o topo a todas as plantas, para que estas cessassem o seu crescimento e se termine assim mais uma campanha. Na campanha do ensaio essa tarefa foi realizada na semana 18.

A colheita é realizada 2 vezes por semana. A primeira colheita é realizada entre segunda-feira e terça-feira e a segunda entre quinta e sexta-feira. Como a empresa não vende diretamente ao consumidor final, o produto é colhido diretamente para a caixa em que é transportado. Há um controlo rigoroso no interior da estufa e posteriormente no armazém. É importante que a qualidade seja sempre confirmada, pois sendo produto de 1ª qualidade os clientes são exigentes neste aspeto.

6.5. Material Vegetal

A cv. 'Angelle' é comercializada pela Syngenta. Está catalogada como tomate mini-chucha, com aptidão principal para ser colhido solto.

A cv.'Piccolo' é comercializada pela Gauthier, esta inserida na categoria de tomate cereja. Sendo comercializado pela Atlantic em cacho, mas a sua principal aptidão é para ser colhido solto.

Ambas as cultivares. de tomate são enxertadas no porta-enxerto 'Maxi-fort', comercializado pela *Enza Zaden Seeds*.

6.6. Ambiente na estufa

A Atlantic Growers possui uma estação meteorológica (Priva Weather Station), e sensores de CO₂ (Priva E-Measuring Box) , ambos fabricado pelo Priva.

Os vidros difusos utilizados na construção da estufa são da marca Hortiglass, empresa Holandesa, e produzidos pela empresa Sunarc, Dinamarquesa.

Foram realizados estudos, na universidade de Wageningen, sobre os vidros difusos utilizados nas estufas. Onde foram avaliadas as percentagens reais de difusibilidade, transmissividade segundo o ângulo de incidência da radiação e transmissividade nos comprimentos entre os 400 e 1000 nm, valores onde se inserem os comprimentos de onda da radiação PAR.

Segundo os resultados a percentagem real de difusão do vidro 45 é 42 % com um erro de 5%, e o de vidro 75, 75% com o mesmo erro.

A transmissividade normal do vidro 75 é 98,4%, 0,4% mais alta que o vidro 45. Enquanto, a hemisférica é 87,4 % no vidro 75, cerca de 5,5 % inferior no vidro 45.

O vidro 75 sofre um decréscimo mais acentuado com o aumento do ângulo de incidência dos raios solares do que o vidro 45, que só reduz a sua transmissividade significativamente a partir dos 60° (Figura 6 e 7).

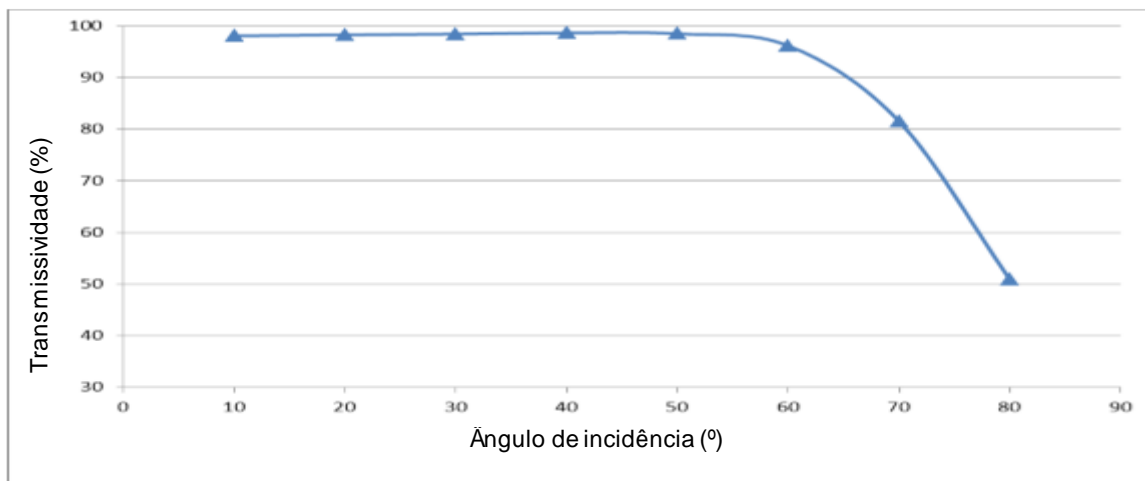


Figura 7- Transmissividade do vidro 45% em função do ângulo de incidência da luz.

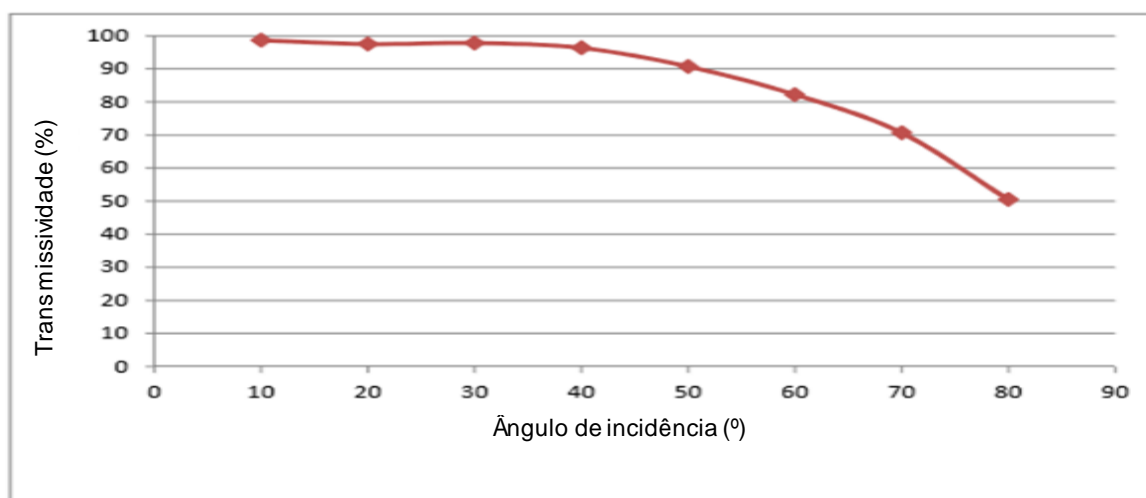


Figura 6- Transmissividade do vidro 75% em função do ângulo de incidência da luz.

A transmissividade normal dos vidros à luz em função do comprimento da luz é muito próxima nos dois tipos de vidro, sendo máxima a partir de ~600nm. Apesar de o vidro 45 apresentar um decréscimo mais acentuado com o comprimento de onda ultrapassa os 700nm. A transmissividade hemisférica do vidro 45 é sempre superior ao do vidro 75, atingindo ambos o seu máximo aos 500nm, comprimento de onda fortemente absorvida pelas folhas do tomateiro.

As superfícies de ambos os vidros foram submetidas a tratamento antirreflexo (AR), para que a transmissão da luz através destas fosse aumentada. O tratamento foi realizado nas duas superfícies, interior e exterior, diminuindo cerca de 5% a reflexão da luz pelo vidro, reduzindo problema da opacidade da maioria vidro difuso à luz. (Figura 8)



Figura 8- Ação do tratamento AR (antirreflexo) nos vidros. Fonte: www.sunarc.net.

6.7. Dispositivo experimental

Foram realizadas duas avaliações principais, uma que compara a estufa de vidro liso com a estufa de vidro difuso e outra que compara os dois tipos de vidros difuso (45% e 75% difusibilidade).

Foram definidos 6 grupos com 4 plantas (repetições) por tratamento, ou seja 12 grupos ao todo. As plantas amostradas foram escolhidas aleatoriamente perto do centro da linha, para que o microclima em que estavam inseridas fosse o mais homogéneo possível.

A estufa possui no total 34 secções, que são o conjunto de 5 linhas. A primeira secção ao entrar na estufa é denominado secção 1 e assim sucessivamente até à secção 34. O tratamento com o vidro 75 teve lugar nas secções 7,8,9, pelo que a amostragem foi feita somente na secção 8, para que não houvesse interação com o outro tratamento. O tratamento como vidro 45 compreendeu as secções 1-6 e a partir do 10. Foram escolhidos 6 grupos de

plantas inseridas nestas secções, exceto o 6 e 10 para que não houvesse influência do vidro 75.

6.8. Observações

6.8.1. Calendário de observações

No Anexo I apresenta-se o resumo do calendário das medições realizadas.

6.9. Cultura

6.9.1. Vidro Difuso vs Vidro Liso

- Medição indireta na fotossíntese: Recorreu-se ao sistema de controlo ambiental para medir os valores de CO₂ presentes na estufa em determinados momentos.

Para ter uma estimativa o mais correta possível dos níveis de CO₂ dentro da estufa escolheu-se momentos em que os níveis de aberturas em ambas as estufas era igual. Optou-se por realizar uma média entre o momento em que as janelas apresentavam o mínimo de abertura e o máximo.

Fez-se um registo diário das médias e de seguida uma média semanal.

6.9.2. Vidro Difuso 45% VS Vidro Difuso 75%

6.9.2.1. Crescimento das plantas

- Área foliar: As folhas foram colhidas quinzenalmente. De cada grupo de plantas foi retiradas apenas uma folha, 12 folhas no total. Folha esta que era retirada acima do primeiro cacho que não iria ser colhido nessa semana, ou seja acima do cacho não maduro. As folhas recolhidas foram devidamente identificadas no local, com o grupo a que pertenciam.

Para a determinação da área foliar as folhas foram digitalizadas juntamente com um objeto de área conhecida, por exemplo uma moeda. Após a digitalização o programa *Image J* permitiu determinar a área da folha, a partir da relação do número de pixéis e a área do objeto conhecido.

- Massa seca: As folhas utilizadas para a determinação da área foliar foram secas até o peso ficar estável, e pesadas posteriormente. A determinação foi realizada no ISA.

- Desenvolvimento da planta: No início do ensaio contou-se o número total de cicatrizes que cada planta continha, e o número de folhas e cachos formados e a altura total que apresentavam. Após essa contagem semanalmente eram registados o crescimento, o número de cachos formados e o número de folhas formadas. O cacho entrava na contagem desde que apresentasse pelo menos um fruto formado. As folhas consideradas desde que estivessem completamente desenvolvidas, folhas verdadeiras. A última folha e cacho contados eram marcados com uma etiqueta com a data de contagem, para que na semana seguinte se realizasse a contagem a partir desse ponto. O ponto de determinação da altura também foi etiquetado. A etiqueta foi posta no fio que suporta a planta.
- Produtividade: Recorreu-se ao programa na empresa que controla a produtividade por linha (Kg/m^2), para obter os dados necessários. As linhas das secções de transição de tratamento não foram consideradas, para que não houvesse interação entre os tratamentos.

6.9.2.2. Qualidade dos frutos

Determinou-se:

- Peso médio do fruto: Foram recolhidas aleatoriamente 6 caixas de frutos por tratamento, no momento da recolha.

As caixas foram pesadas e contou-se o número total de frutos que possui-a. Para que se pudesse determinar o peso médio (peso total da caixa/nº total de frutos) de cada fruto por tratamento.
- °Brix: Retirou-se das caixas recolhidas um cacho ao acaso, 6 cachos por tratamento. Realizaram-se 3 repetições por tratamento, 2 cachos cada.
Os frutos foram reduzidos a sumo e o °brix foi determinado com um refratómetro, de marca Euromex Holand®.
- Acidez total: O sumo obtido para a determinação do °brix foi aproveitado para a determinação da acidez, realizando-se assim, novamente, 3 amostragens por tratamento.

Para esta determinação seguiu-se os seguintes passos:

- 1º passo: Filtrar o sumo com o auxílio de papel de cozinha e de um balão *Erlenmeyer*, para que fosse mais fácil visualizar a mudança de cor do preparado;
- 2º passo: Pipetar para um copo 10ml de sumo e 10ml de água destilada, e colocar 3 gotas de fenolftaleína;
- 3º passo: Ir colocando gota a gota soda cáustica até que a solução anterior mude de cor (para um rosa coral);
- 4º passo: Registrar a quantidade de soda cáustica gasta.
- 5º passo: Para calcular a acidez usou-se um fator de conversão de 0.64. Isto é multiplicou-se o valor da quantidade de soda cáustica gasta, em ml, por 0,64.

6.10. Análise estatística

Foi realizada uma análise de variância (ANOVA) a 1 fator com 2 níveis para saber se existiam diferenças significativas entre as medições médias do vidro 75 e 45.

Os níveis de CO₂ e a produtividade não puderam ser submetidos à ANOVA, porque não possuíam repetições, eram registos únicos.

7. Resultados

7.1. Vidro difuso vs Vidro liso

7.1.1. Medição indireta da fotossíntese

Na figura 9 apresenta-se os níveis médios de CO₂ e o número médio de horas de sol ao longo das semanas.

Verificou-se que o número de horas de sol foi inferior a 6,6 h, o vidro difuso apresentou valores de CO₂ mais elevados.

Os dados revelaram que quando o número de horas de sol foi superior a 8,14 h a estufa de vidro liso apresentou teores de CO₂ do ar mais elevados que a estufa de vidro difuso.

Para valores do número médios de sol entre 6,6 e 8,14 h não se encontrou nenhum padrão regular que pudesse ser referido. (Figura 9)

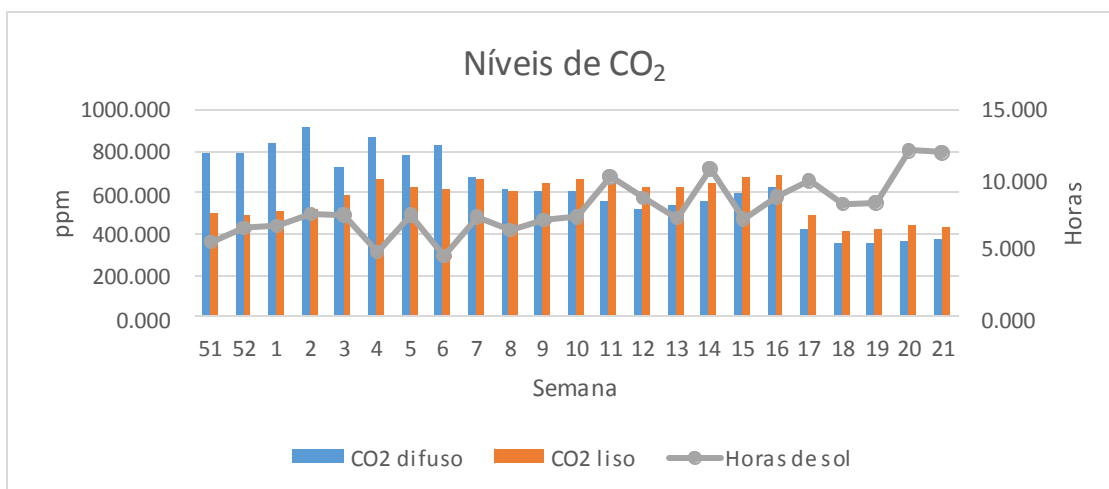


Figura 9- Níveis de CO₂ no interior das estufas de vidro liso e difuso e o número médio de horas de sol ao longo do período de observações.

A figura 10 apresenta os níveis médios de CO₂ e de radiação global ao longo das semanas.

Quando a radiação global foi inferior a 8672 J/cm² o vidro difuso apresentou sempre níveis de CO₂ mais elevados.

Quando a radiação excedeu esse valor foi o vidro liso que apresentou sempre valores de níveis de CO₂ mais elevados. (Figura 10)

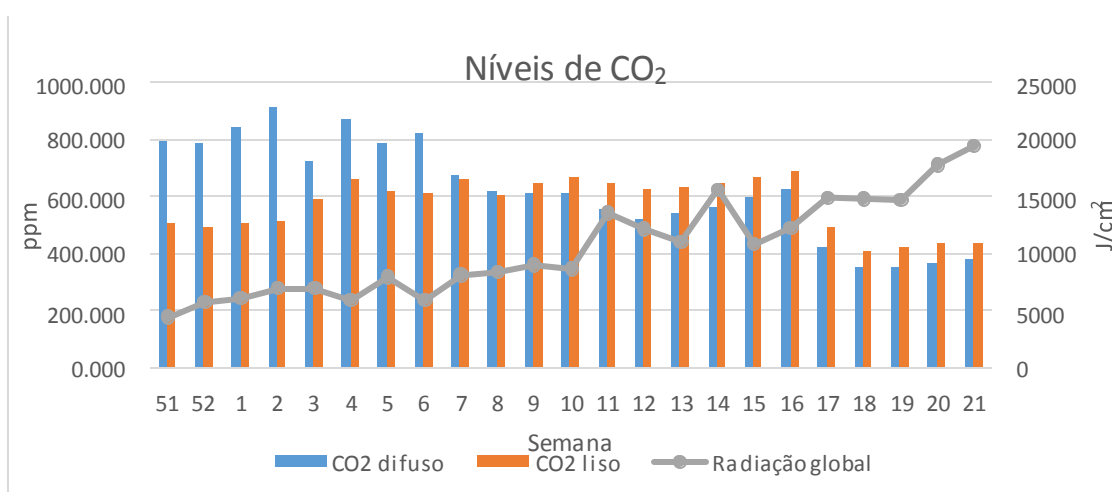


Figura 10- Níveis de CO₂ no interior das estufas de vidro liso e vidro difuso e radiação global (J/cm²) ao longo do período de observações.

Com a análise das figuras 9 e 10 verificou-se que quando as plantas tiveram mais luz disponível, maior radiação global e maior número de horas de sol, o vidro difuso levou a um consumo de CO₂ mais intenso por partes destas. O que foi revelado pelos níveis mais reduzidos do CO₂.

Quando a radiação e a duração da disponibilidade de luz foi diminuta o vidro liso conduziu a níveis de CO₂ mais reduzidos no interior na estufa, ou seja as plantas do vidro apresentaram maior atividade nestas condições do que as de vidro difuso.

Revelando uma relação entre o tipo de vidro e a intensidade da atividade fotossintética por partes das plantas.

Tais conclusões basearam-se apenas em análise descritiva, pois como referido anteriormente não foi possível efetuar análise estatística.

7.2. Vidro difuso 45 vs. vidro difuso 75

7.2.1. Área foliar

Na figura 11 apresenta-se a área foliar média das folhas do vidro 75 e 45 e o número médio de horas de sol ao longo das semanas.

A área foliar teve tendência para ser superior no vidro 75, pois em 10 medições apenas 2 foram exceção.

Não se tendo verificado nenhum padrão de variação consistente ao comparar área foliar com número médio de horas de sol (Figura 11) ou com a radiação global média. (Figura 12)

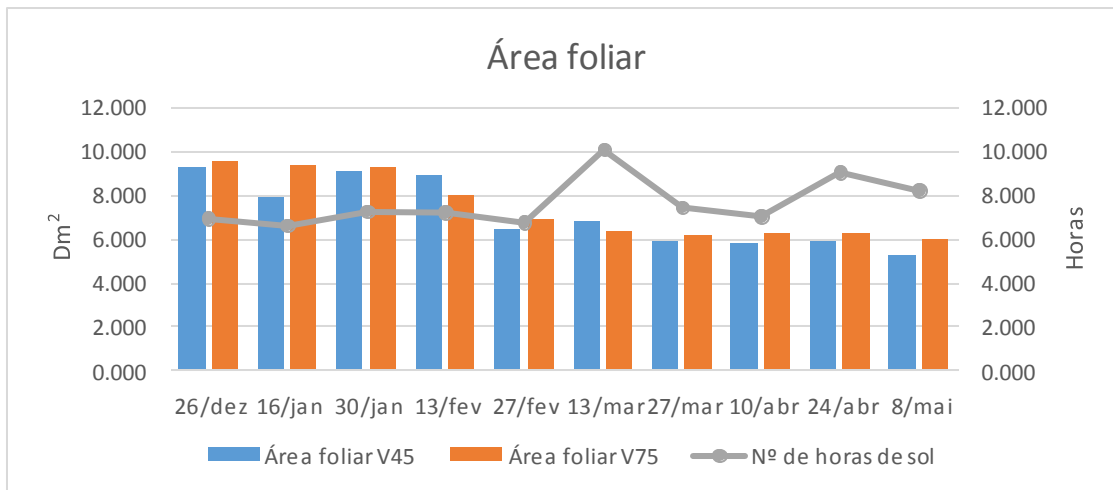


Figura 11- Média da área foliar das folhas sob vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.

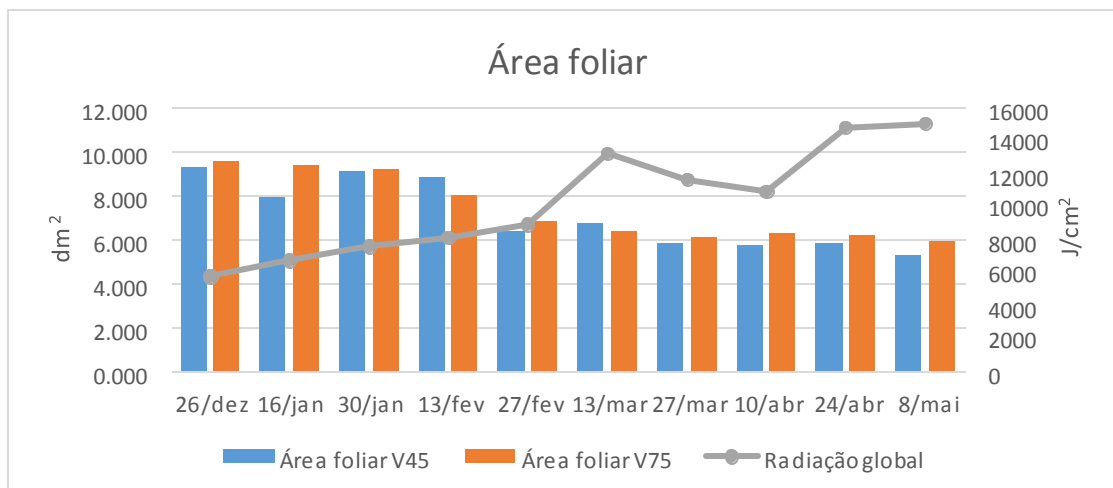


Figura 12- Média da área foliar das folhas sob vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm^2) ao longo do período de observações.

O tipo de vidro não influenciou notoriamente a área foliar das plantas, tal como foi comprovado pela ANOVA.

7.2.2. Massa seca da folha

Na figura 13 apresenta-se a massa seca médias das folhas dos vidros 45 e 75 e o número médio de horas de sol ao longo das semanas.

Por norma, quando o número de horas de sol diário não ultrapassou e igualou as 7,2 horas as folhas das plantas do vidro 45 tiveram um maior massa quando secas. Exceto na medição de 26 de Dezembro.

Quando o número de horas de sol ultrapassou as 7,2 horas, 3 das 4 medições realizadas apontaram para uma massa seca mais elevada no vidro 75. (Figura 13)

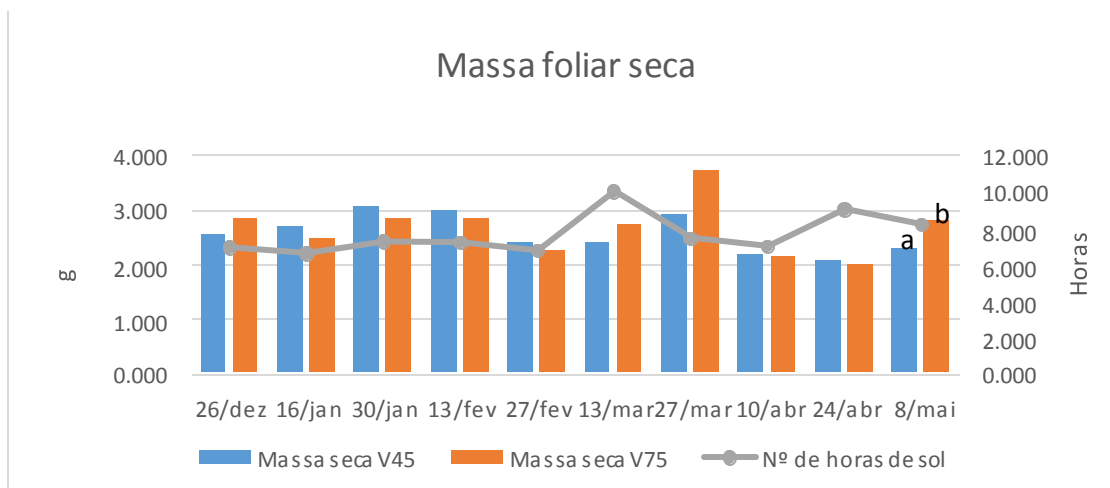


Figura 13- Massa seca média das folhas sob vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol. (Letras diferentes significam que para um nível de significância de 0,05 houve diferenças significativas entre as médias.

A figura 14 apresenta a massa seca média foliar das folhas do vidro 45 e 75 e a radiação média global ao longo das semanas.

É observável uma tendência para que radiações inferiores a 10984J/cm² levaram a que as folhas das plantas sob vidro 45 tenham tido maior massa seca, com exceção da medição de dia 26 de Dezembro.

Quando a radiação foi superior ao valor referido anteriormente, as plantas sob o vidro 75 por sua vez apresentaram tendência para massas secas foliares superiores. (Figura 14)

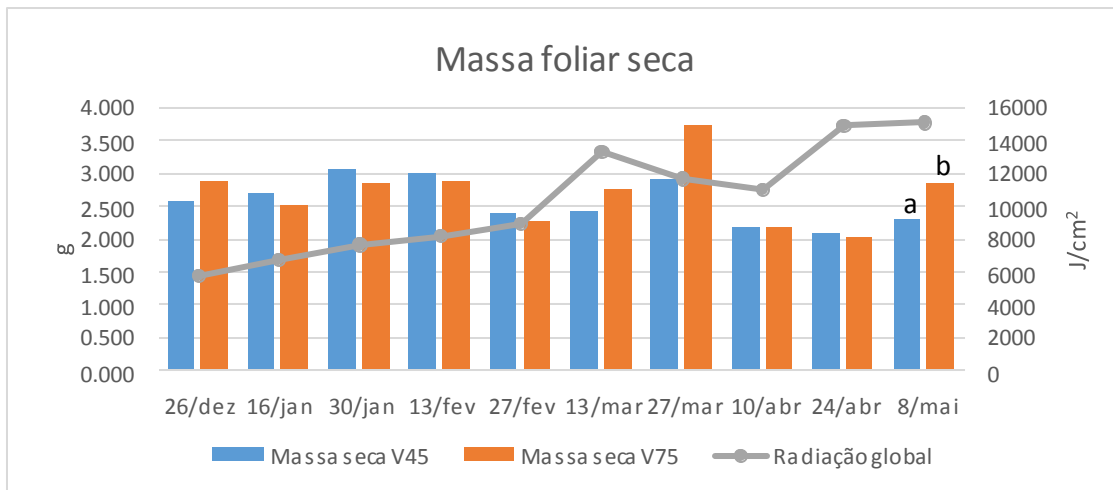


Figura 14- Massa seca média das folhas sob vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm^2) ao longo do período de observação. (Letras diferentes significam que para um nível de significância de 0,05 houve diferenças significativas entre as médias das observações)

A massa seca foliar aparentou uma relação com o tipo de vidro. As plantas do vidro 75 apresentaram folhas com maior massa quando a radiação e a luz disponível foi elevada. Quando a intensidade da radiação e da luz foram menores, foram as plantas do vidro 45 a apresentar folhas com massa seca mais elevada.

A ANOVA apenas demonstrou uma data com diferenças significativas nas médias das medições, pelo que apesar das tendências não se pôde afirmar que o vidro possuiu influência na massa seca foliar.

7.2.3. Massa foliar específica

Na figura 15 apresenta-se a massa foliar média específica das folhas do vidro 45 e 75 e o número médio de horas de sol ao longo das semanas.

Quando as horas de sol foram reduzidas, inferiores a 7 h, a massa específica das folhas do vidro 50 foi mais elevada.

Para valores superiores a 7,4 h de sol os dados revelaram tendência para uma massa específica mais elevada no vidro 75. (Figura 15)

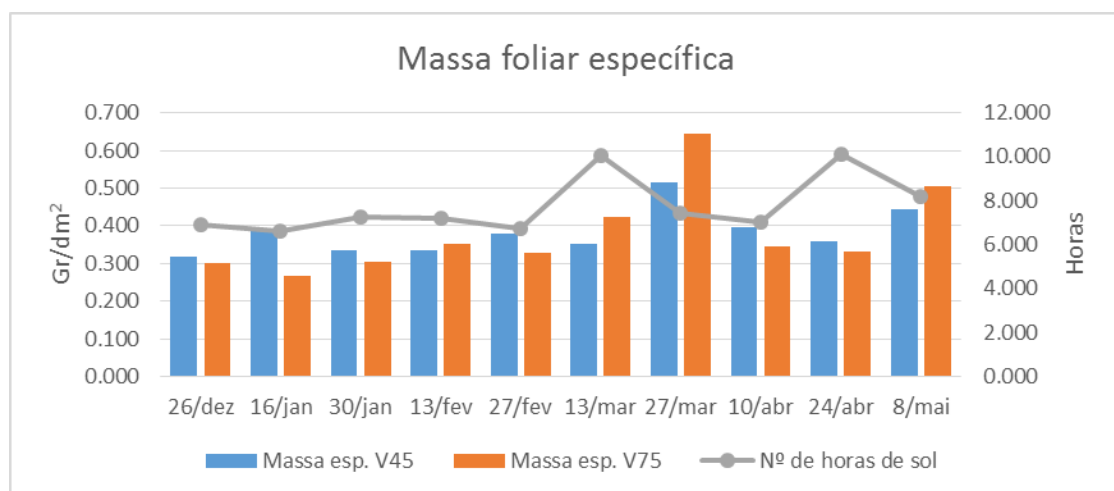


Figura 15- Massa foliar média específica das folhas sob o vidro 45 e 75 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.

A figura 16 apresenta a massa seca média foliar das folhas do vidro 45 e 75 e a radiação global ao longo das semanas.

Os dados demostraram, por 5 em 6 medições, que para valores de radiação inferiores a 10984 J/cm² o vidro 45 obteve folhas com maior massa específica.

Para valores de radiação excedentes a 10984 J/cm² a tendência foi de as folhas do vidro 75 apresentarem maior massa específica, com a exceção da medição de 24 de Abril (Figura 16).

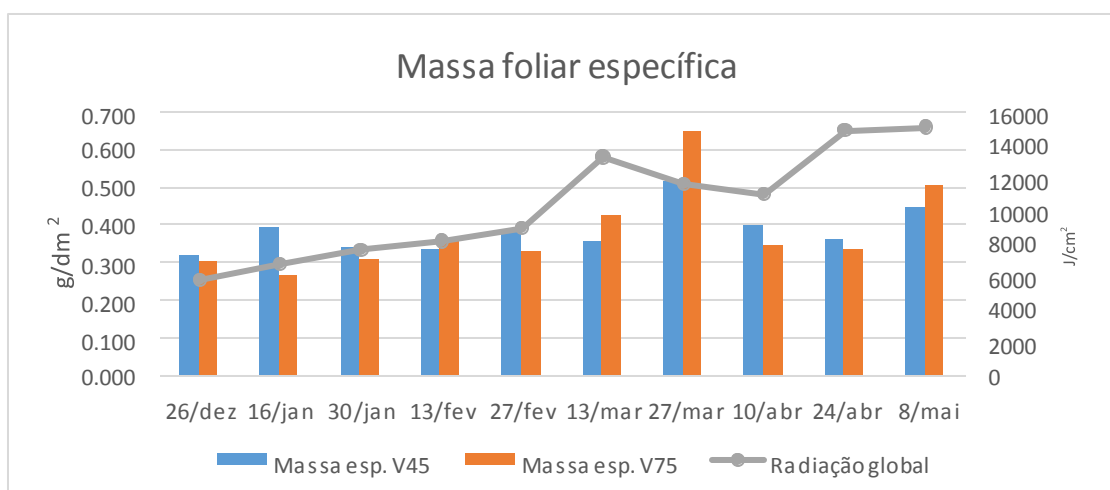


Figura 16- Massa foliar média específica das folhas sob o vidro 45 e 75 e radiação global (J/cm²) ao longo do período de observações.

Na análise da massa foliar verificou-se a influência do tipo de vidro. Esta influência foi concluída pelo fato de quando a radiação e duração de horas de sol foi mais reduzida as folhas do vidro 50 apresentaram maior massa específica. Quando se observou o contrário, acerca da disponibilidade de luz, foram as plantas do vidro 75 a apresentarem folhas com massa específica mais elevada.

Apesar da aparente interação do vidro a ANOVA não demonstrou nenhuma diferença significativa.

7.2.4. Crescimento da planta

Na figura 17 apresenta-se o crescimento médio das plantas do vidro 45 e 75 e o número médio de horas de sol ao longo das semanas.

Os dados recolhidos do crescimento médio das plantas não mostraram nenhum padrão. Apesar de, ter havido uma tendência para que as plantas do vidro 75 crescessem ligeiramente mais quando o número de horas de sol foi mais elevado. (Figura 17)

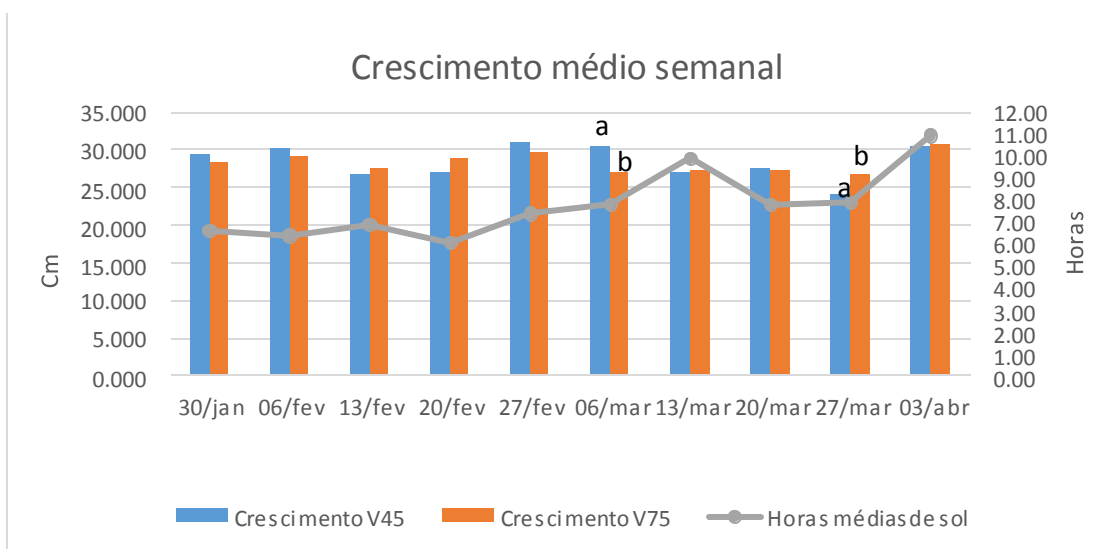


Figura 17- Crescimento médio semanal das plantas sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações. (Letras diferentes significam que para um nível de significância de 0,05 houve diferenças significativas entre as médias)

A figura 18 apresenta o crescimento médio das plantas do vidro 45 e 75 e a radiação global ao longo das semanas.

Observou-se uma tendência para que as plantas do vidro 45 apresentassem tendência para terem um crescimento semanal superior, para valores de radiação global inferiores a 11674 J/cm². Para valores excedentes a 11674 J/cm² de radiação global apenas 1 medição, dia 20 de março, contradisse a tendência para as plantas de vidro 75 terem maior crescimento semanal. (Figura 18)

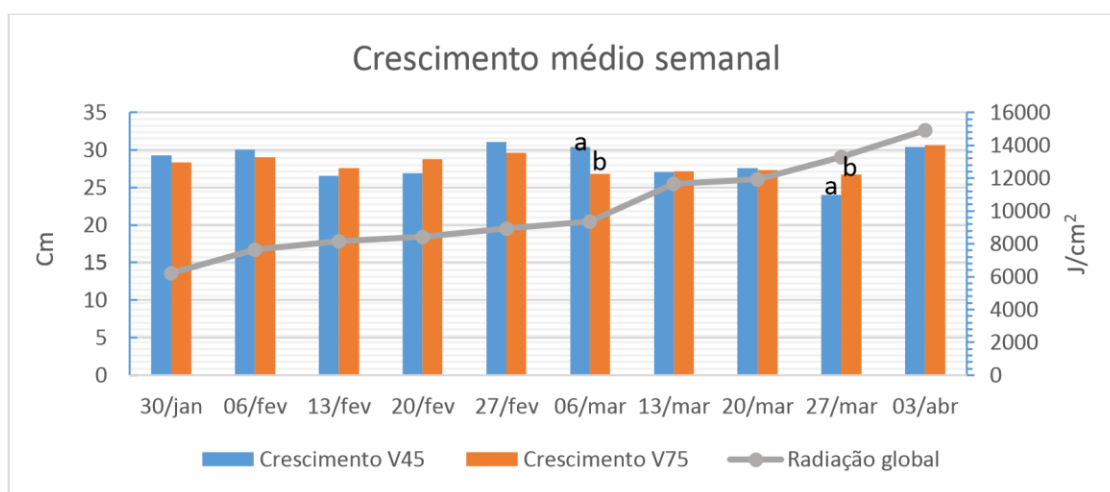


Figura 18- Crescimento médio semanal das plantas sob o vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm²) ao longo do período de observações. (Letras diferentes significam que para um nível de significância de 0,05 houve diferenças significativas entre as médias)

Ao observar-se conjuntamente as figuras 17 e 18, apesar de ter havido uma pequena diferença, as plantas do vidro 75 apresentaram maioritariamente um maior crescimento semanal quando existiu maior disponibilidade de radiação global e maior número de horas de sol.

Não se pôde confirmar uma influência notória do tipo de vidro no crescimento das plantas, pois os dados não foram regulares na análise de ambos os gráficos, apesar de a ANOVA ter indicado duas medições com diferenças significativas

7.2.5. Número de folhas formadas semanalmente

Na figura 19 apresenta-se o número médio de folhas formadas pelas plantas do vidro 45 e 75 e o número médio de horas de sol ao longo das semanas.

Quando o número de horas de sol foi inferior a 7,7 h as plantas do vidro 75 apresentaram tendência para a formação de mais folhas.

Para valores mais elevados do que 7,9 h 3 em 4 medições revelaram que o vidro 45 formou mais folhas semanalmente. (Figura 19)

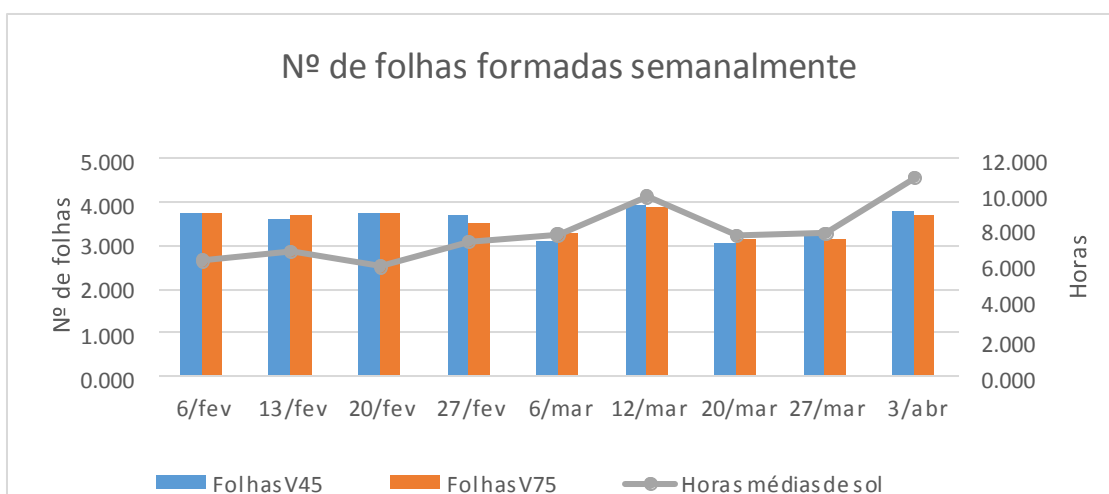


Figura 19- Número médio de folhas formadas semanalmente nas plantas sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.

A figura 20 apresenta o número médio de folhas formadas pelas plantas do vidro 45 e 75 e a radiação global ao longo das semanas.

As plantas do vidro 75 formaram semanalmente mais folhas quando a radiação global foi inferior a 9363 J/cm². Para valores de radiação que excederam esse valor, o vidro 45 apresentou maior número de folhas formadas, com exceção de dia 27 de março. (Figura 20)

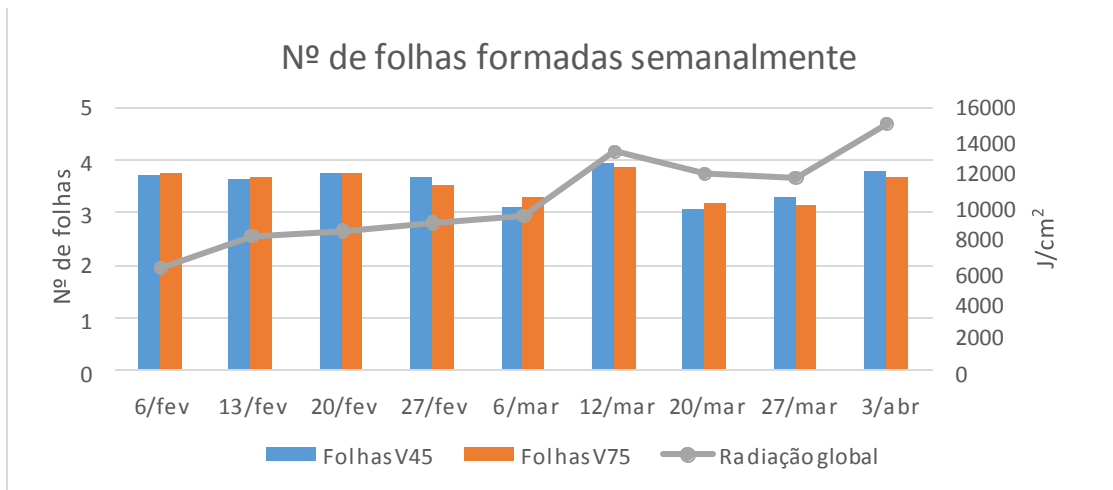


Figura 20- Número médio de folhas formadas semanalmente nas plantas sob o vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm^2) ao longo do período de observações.

As diferenças do número de folhas formadas durante as semanas foram muito reduzidas, pelo que não se pôde afirmar que houvesse influência do tipo de vidro no número de folhas formadas semanalmente, confirmado pela ausência de diferenças significativas na ANOVA.

7.2.6. Número de cachos formados

Na figura 21 apresenta-se o número médio de cachos formado pelas plantas do vidro 45 e 75 e o número médio de horas de sol ao longo das semanas.

Quando houve mais horas de sol as plantas do vidro 45 formaram mais cachos.

Quando o número de horas de sol foi mais reduzido as plantas do vidro 75 apresentaram tendência para um número médio de cachos formados superior, pois apenas 2 em 7 medições revelaram o contrário, 13 fevereiro e 6 de março. (Figura 21)

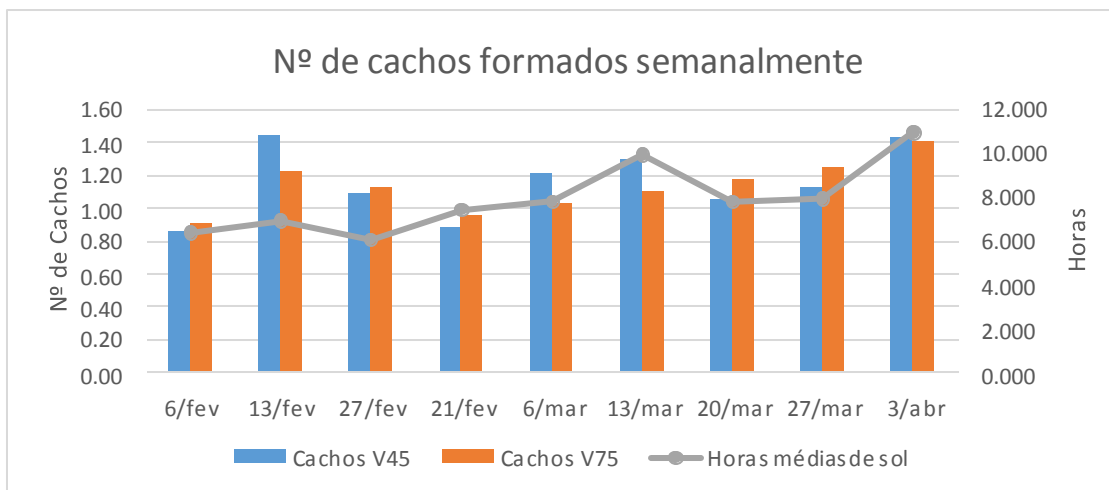


Figura 21- Número médio de cachos formados semanalmente nas plantas sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.

A figura 22 apresenta o número médio de cachos formados pelas plantas do vidro 45 e 75 e a radiação global ao longo das semanas.

Verificou-se que se formou mais cachos no vidro 45 para valores de radiação que igualaram ou ultrapassaram 13306 J/cm². (Figura 22)

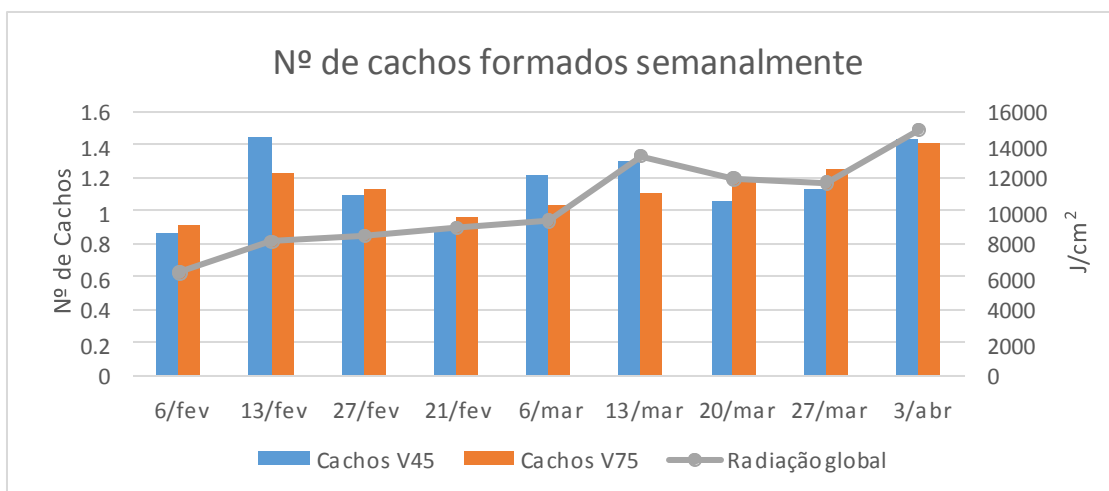


Figura 22- Número médio de cachos formados semanalmente nas plantas sob o vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm²) ao longo do período de observações.

Em termos analíticos e estatísticos não se observou diferenças significativas entre número de cachos formados semanalmente nos dois tipos de vidro.

7.2.7. Produtividade

Na figura 23 apresenta-se a produtividade das plantas no vidro 45 e 75 e o número médio de horas de sol ao longo das semanas.

Os dados da produtividade só demonstraram padrões em extremos do número médio de horas de sol.

Isto é, quando o número horas foi inferior a 6,1h houve uma tendência para o vidro 45 apresentar melhores resultados. Quando os valores excederam as 7,7h apenas 3 em 10 observações não demonstraram ser o vidro 75 a apresentar melhor 'performance' produtiva. (Figura 23)

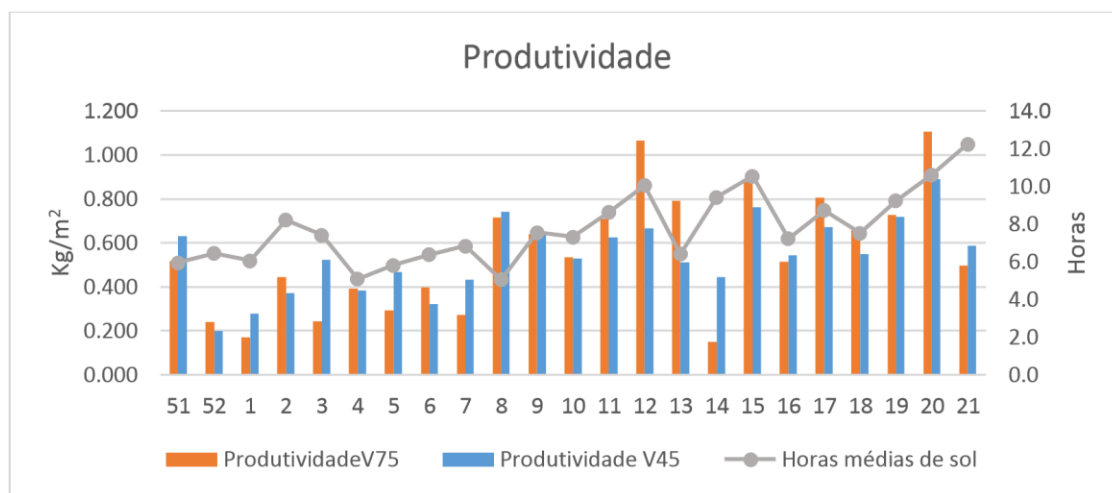


Figura 23- Produtividade semanal da cultura sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.

A figura 24 apresenta a produtividade das plantas do vidro 45 e 75 e a radiação global ao longo das semanas.

Para valores inferiores a 12600 J/cm², 4 de 10 medições revelaram melhor produtividade no vidro 45. Houve tendência para uma melhor produtividade do vidro 75 para radiações mais elevadas, foi confirmada pelo facto de em 13 medições apenas 3 revelaram o contrário. (Figura 24)

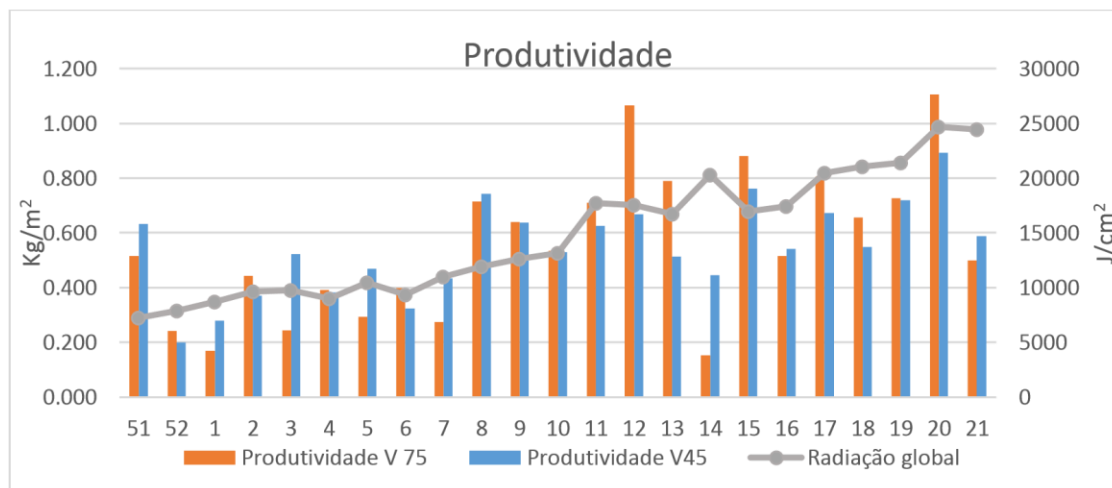


Figura 24- Produtividade semanal da cultura sob o vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm²) ao longo do período de observações.

A produtividade das plantas aparentou ser influenciada pelo tipo de vidro utilizado. Esta influência foi revelada pelas semanas em que um maior número de horas de luz e radiação levaram a que vidro 75 apresentasse maior produtividade. E pelas semanas em que o vidro 75 apresentou menor produtividade quando a radiação e o número de horas de sol foram menores.

A aparente influência do vidro foi concluída por análise puramente descritiva, não tendo sido efetuada ANOVA pelas razões explicadas anteriormente.

7.2.8. Peso médio do fruto

Na figura 25 apresenta-se o peso médio dos frutos do vidro 45 e 75 e o número médio de horas de sol ao longo das semanas.

Na análise dos dados verificou-se uma tendência para o vidro 75 obter frutos com peso superior em extremos do número de horas de sol. Quando o número médio de horas de sol foi inferior a 7 h apenas 25% das medições revelaram que foi o vidro 45 a obter frutos com maior peso. Nas 2 medições de horas superiores foi o vidro 75 que obteve um maior peso médio dos frutos. (Figura 25)

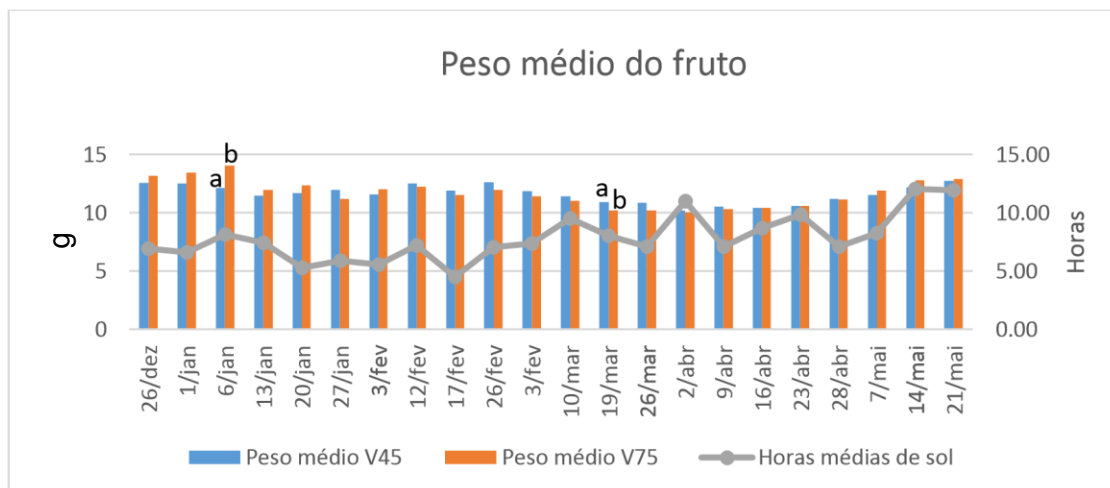


Figura 25- Peso médio dos frutos formados sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações. (Letras diferentes significam que para um nível de significância de 0,05 houve diferenças significativas entre as médias)

A figura 26 apresenta o peso médio dos frutos do vidro 45 e 75 e a radiação global ao longo das semanas.

Os dados revelaram que para radiações inferiores a 6914 J/cm^2 o vidro 75 apresentaram sempre frutos com peso superior. O mesmo aconteceu nas duas medições com radiação mais elevada. Para valores de radiação entre 6914 e 15623 J/cm^2 apenas 2 de 14 medições contrariaram o facto de os frutos do vidro 45 terem maior peso. (Figura 26)

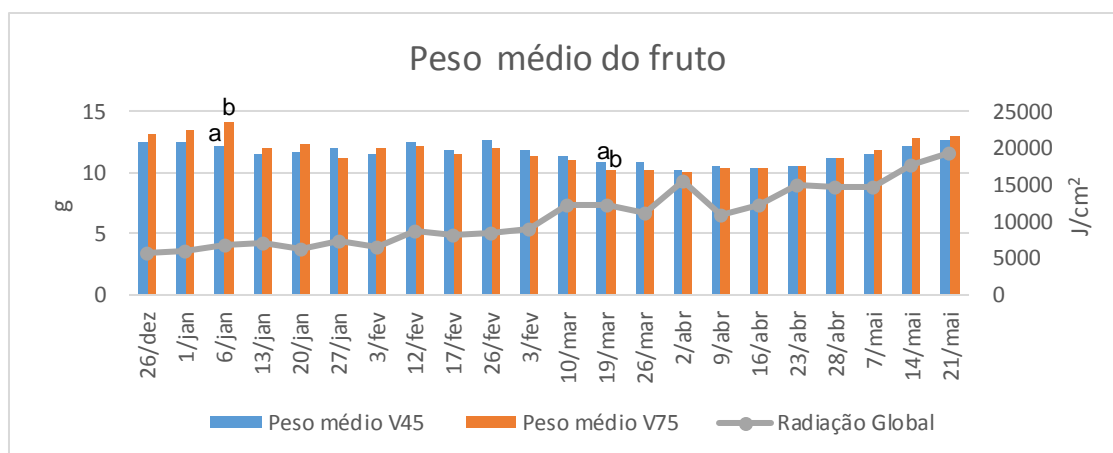


Figura 26- Peso médio dos frutos formados sob o vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm^2) ao longo do período de observações. (Letras diferentes significam que para um nível de significância de 0,05 houve diferenças significativas entre as médias)

As medições semanais apresentaram muita variabilidade, pelo que não se pôde confirmar uma influência do tipo de vidro no peso médio dos frutos, apesar da presença de duas datas com diferenças significativas na média das medições.

7.2.9. °Brix dos frutos

Na figura 27 apresenta-se o °Brix médio dos frutos do vidro 45 e 75 e o número médio de horas de sol ao longo das semanas.

Mais uma vez apenas se viu padrões nos extremos do número de horas de sol. Nas medições em que o número de horas foi mais reduzida o vidro 45 apresentou tendência para um °Brix mais elevado. Quando o número de horas de sol foram mais elevadas foi o vidro 75, que por sua vez, apresentou um °Brix mais favorável. (Figura 27)

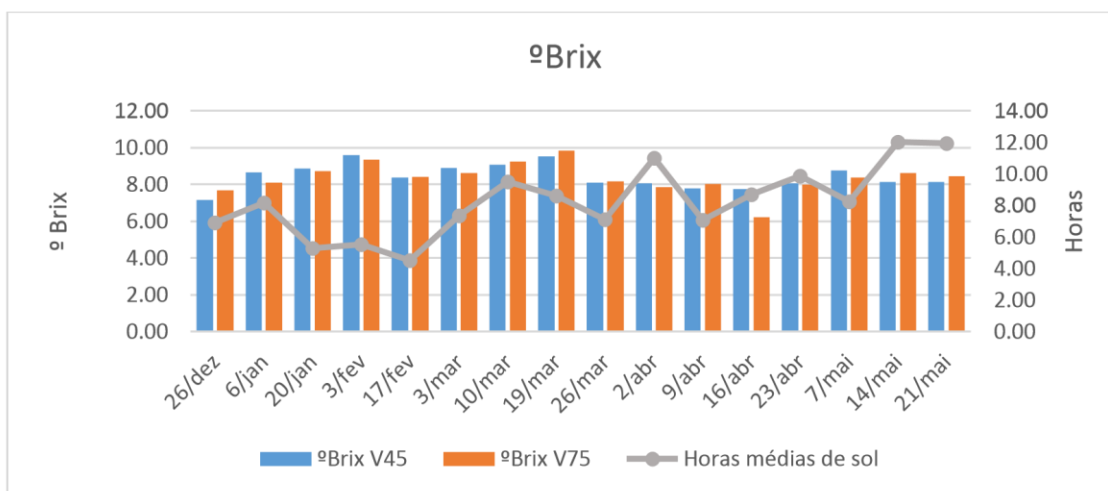


Figura 27- °Brix médio dos frutos formados sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas ao longo do período de observações.

A figura 28 apresenta o °Brix médio dos frutos dos vidros 45 e 75 e a radiação global ao longo das semanas.

Quando a radiação global foi superior ou igual a 15623 J/cm² o °Brix dos frutos do vidro 75 foi sempre superior. Quando a radiação foi inferior não se verificou nenhuma tendência que apontasse um melhor ou pior °brix para um dos tratamentos. (Figura 28)

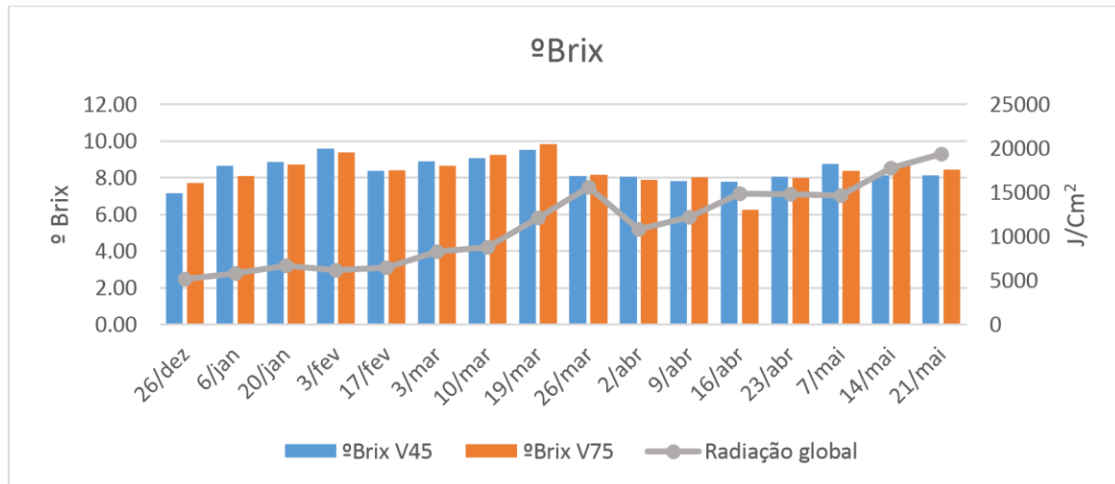


Figura 28- °Brix médio dos frutos formados sob o vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm²) ao longo do período de observações.

Apesar de se ter observado algumas tendências, não houve um padrão consistente que permitisse afirmar uma influência do tipo de vidro no °Brix dos frutos, quando colhidos., como comprovado pela ANOVA.

7.2.10. Acidez dos frutos

Na figura 29 apresenta-se a acidez médias dos frutos dos vidros 45 e 75 e o número médio de horas de sol ao longo das semanas.

Para valores de horas de sol inferiores e iguais a 7,09 horas, exceto a medição de dia 20 de janeiro, os frutos do vidro 75 apresentaram maior acidez.

Para valores superiores a 7,09 h, apenas 1 de 8 medições contrariaram a tendência para que a acidez dos frutos do vidro 45 fosse maior. (Figura 29)

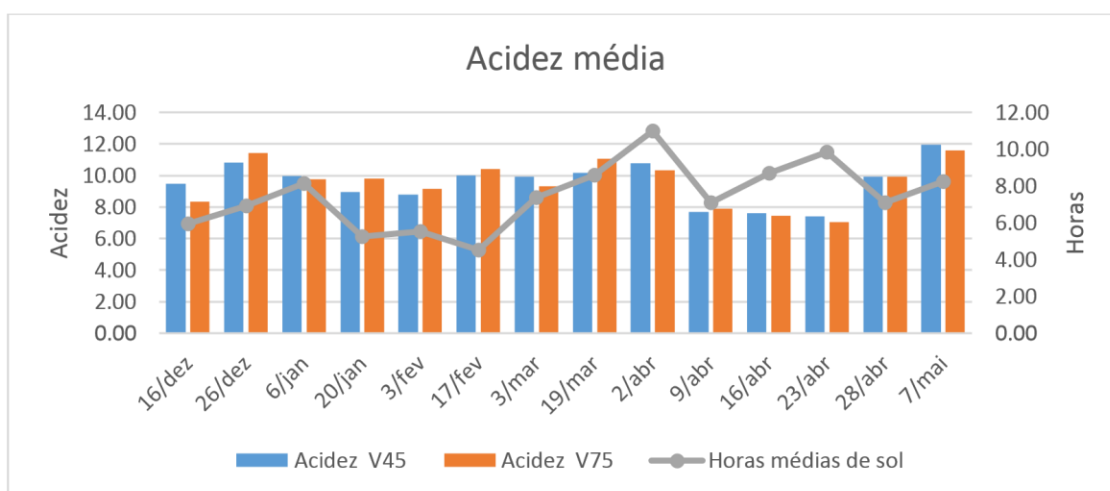


Figura 29- Acidez média dos frutos formados sob o vidro 75 e 45 e número médio de horas de sol ao longo do período de observações.

A figura 30 apresenta a acidez média dos frutos dos vidros 45 e 75 e a radiação global ao longo das semanas.

Sempre que a radiação global apresentou valores maiores ou iguais a 12213 J/cm^2 a acidez determinada nos frutos do vidro 45 foi sempre superior ao do vidro 75. Para valores inferiores a 12213 J/cm^2 , 75% das medições revelaram tendência para que os frutos do vidro 75 apresentassem acidez mais favorável. (Figura 30)

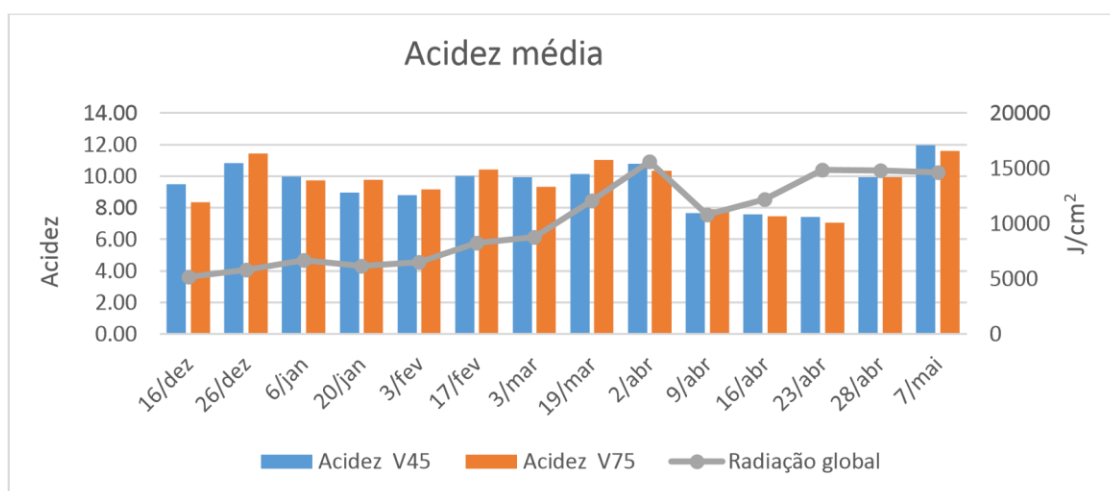


Figura 30- Acidez média dos frutos formados sob o vidro 75 e 45 e radiação global (J/cm^2) ao longo dos períodos de observações.

As tendências reveladas pelos dados aparentaram influência do tipo de vidro na acidez final dos frutos quando colhidos. Com maiores radiações e horas de sol o vidro 75 obteve frutos com menor acidez, quando a radiação e as horas de sol foram mais reduzidas aparentaram obter frutos com maior acidez.

Apesar das tendências a ANOVA não comprovou nenhuma diferença significativa entre a média das medições.

8. Discussão dos Resultados

A estufa com vidro difuso apresentou teores de CO₂ do ar mais baixos do que a estufa de vidro liso durante os períodos de maior intensidade de luz. O que revela uma maior absorção de CO₂ por parte das plantas, e consequentemente uma maior taxa fotossintética. A maior eficiência energética deve-se à melhor distribuição e penetração da luz na cultura. Tais resultados são consistentes com o descrito por Ducken *et al.* (2009).

Quando a intensidade de luz é menor as plantas sob vidro liso apresentaram maiores consumos de CO₂, que consequentemente terão dado origem a taxas fotossintéticas mais elevadas. Estes resultados devem-se ao fato de nos dias nublados, com pouca luz, a luz já ser maioritariamente difusa ao entrar na estufa, pelo que o vidro difuso não melhora a sua transmissão, mas leva ainda a alguma perda de radiação, causando perturbações na atividade fotossintética das plantas.

O fato de as folhas das plantas sob vidro 75 terem apresentado maioritariamente áreas foliares superiores, torna a massa seca foliar determinativa para uma maior ou menor massa foliar específica.

O vidro 75 aparentou ter sido favorecido pelas elevadas radiações e insolações. Nestas condições induziu plantas com folhas mais espessas, maior massa específica das folhas, maior crescimento das plantas, maior produtividade, maior °brix e acidez. Enquanto, o vidro 45 foi favorecido pelas baixas radiações e insolações.

O fato de a diferença ser significativa apenas a nível foliar deve-se ao fato de ser onde se realiza a fotossíntese e só daí os foto-assimilados serem distribuídos para o fruto. As diferenças de difusibilidade do vidro podem não ser suficientemente intensas para que se reflita ao nível dos frutos, como são quando se compara vidro liso com vidro difuso.

Os melhores resultados obtidos pelo vidro 75 quando houve mais luz e radiação disponível pode ser explicada não só pela maior difusão da luz mas também através da transmissividade da luz em função dos ângulos de incidência dos raios solares. Quando os ângulos de incidência maiores são o vidro 75 apresenta menor transmissão de luz o que levaria a resultados menos favoráveis. A perda da transmissividade é compensada pela duração do dia, maior radiação disponível e pelo fato de grande parte do dia a luz incidir em ângulos mais baixos.

O vidro 45 apresentou melhores resultados com baixas insolações e radiações, porque estes fatores desfavoráveis foram compensados pela alta transmissividade apresentada por este vidro para todos os ângulos de incidência. E pelo fato de se a luz que incide maioritariamente na estufa já for difusa um grau mais elevado de difusão não traria vantagens, apenas levaria a perdas de luz.

Seria de esperar que as diferenças obtidas nas avaliações fossem mínimas, pois a diferença de difusibilidade entre os vidros não é muito acentuada. O que foi comprovado pela ausência de diferenças significativas na análise de variância, apesar de terem sido detetadas algumas tendências no efeito do tipo de vidro conforme descrito anteriormente.

Teria sido mais interessante comparar as avaliações tanto do vidro 45 como do 75 com o vidro liso, mas tal não foi possível. Este impedimento deveu-se às limitações do dispositivo experimental, pois diferentes estufas continham diferentes variedades.

9. Conclusões

As propriedades do vidro das estufas têm que ser escolhidas consoante o clima da região em que estão instaladas. Tem que se ter em conta a época do ano em que é realizada a cultura, da qual depende o ângulo de incidência da luz sobre o teto da estufa. O produto irá escolher o tipo de vidro consoante a época que seja mais importante melhorar as condições de luminosidade no interior da estufa.

Se a intensão for produzir em situações de baixa radiação como é o caso da Atlantic Growers o vidro 45 será a melhor escolha para a obtenção de melhores produtividades e qualidade do produto final.

10. Referências Bibliográficas

Campillo, C., Fortes, R., Prieto, M.H. 2012. Solar Radiation Effect on Crop Production in Solar Radiation, Prof. Elisha B. Babatunde (Ed.), Intech, Croacia.

Castilla, N. 2013. Protect Cultivation in Greenhouses Technology and Management. 2nd Edition. Cabi, Boston.

Dueck, T., Janse, J., Li, T., Kempkes, F., Eveleens, B. 2009. Influence of Diffuse Glass on the Growth and Production of Tomato, *Acta Hort.*, 956:75-82.

Bot, G.P.A., Gelder, A., Dielemen, Marcelis, L.F.M. 2012. An overview of climate and crop yield in closes greenhouses. *J. Hort. Sci. Biotech.*, 87(3):193-202

Elings, A., Dueck, T., Meinen, E. and Kempkes, F. 2012. Analysis of the Effects of Diffuse Light on Photosynthesis and Crop Production. *Acta Hort.*. 957:45-52.

Farkas, I., Weihs, P., Biró, A., Laube, W., Eitzinger, J., Wójcicki, A. 2001. Modelling of radiative PAR transfer in a tunnel greenhouse. *Mathematics and Computers in Simulation*, 56:357-368.

Ferreira, A. 2000. Dados Geoquímicos de Base de Sedimentos Fluviais de Amostragem de Baixa Densidade de Portugal Continental: Estudo de Factores de Variação Regional. Disponível em: http://www.lneg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/teses/antonio_ferreira. Acedido em: 27 de Setembro de 2015

Hemming, S., Mohammadkhani, V., Dueck, T. 2008. Diffuse Grenhouses Covering Materials – Material Technology, Measurements and Evaluation of Optical Properties. *Acta Hort*, 797:469-475.

Hemming, S., Mohammadkhani, V. and van Ruijven, J. 2014. Material Technology of Diffuse Greenhouse Covering Materials - Influence on Light Transmission, Light Cattering and Light Spectrum. *Acta Hort.* 1037: 883-895

Hemming, S., Noort, F., Hemming, J., Dueck, T. 2007. Effecten van Diffus lich bij potplanten. Wageningen UR Glastuinbouw.

Heuvelink, E. 2005. Tomatoes – Crop production science in horticulture; Cabi Publishing London, UK. Pg.97.

Jones, B. 2007. Tomato Plant Culture: In the Field, Greenhouse, and Home Garden, 2nd Edition. CRC Press, New York.

Kalring, K.P, Krumbein, A. 2013. The Effect of Constraining the Intensity of Solar Radiation on the Photosynthesis, Growth, Yield and Product Quality of Tomato. J. Agro. Crop Sci.199:151159.

Kania, S. and Giacomelli, G. 2008. Solar Radiation Availability for Plants Growth in Arizona Controlled Environment Agriculture Systems. Department of Agriculture and Biosystems Engineering, University of Arizona. Disponível em:
<http://ag.arizona.edu/ceac/sites/ag.arizona.edu.ceac/files/ASP%20Steve%20Solar%20Radiation%20paper.pdf>. Acedido em 28 de Setembro de 2015.

Kotiranta, S. 2013. The Effect of Light Quality on Tomato (*Solanum lycopersicum* L., Cv 'Efialto') Growth and Drought Tolerance. Master's thesis, University of Helsinki Department of Agricultural Science Horticulture.

Li, T., Heuvelink, E., Dueck, T.A., Marcelis, L.F.M. 2012. Understanding how Diffuse Light Increases Yield in Tomato. ISHS Proc. 7th International Symposium on Light in Horticultural Systems, Leuven. Book of Abstracts. p. 98.

Lv, T., Xu, X., Yu, X., Zhou, D., Qiu, J. 2015. Multi-wavelength driven solar spectral conversion in P2O₅-ZnO-Li₂O glasses for improving greenhouses photosynthetic activity. ScienceDirect 41:645-650.

Menezes, J. 2011. Out - Dez 2011. Estufas e Abrigos Na Península Ibérica: Situação Actual e Perspectivas Futuras. Revista da Associação Portuguesa de Horticultura (APH) 107:31-35

Ming, C., Song, F., An, L., Ren, X. 2014. Research phosphate glass on turning sunlight into red light for glass greenhouse. ScienceDirect 137:117-119.

Ministério da Agricultura e do Desenvolvimento Rural. 2004. A agricultura de regadio em Portugal Continental: contributo para o plano nacional de regadio.

Muraoka, H., Takenaka, A., Tang, Y., Koizumi, H., Washitani, I. 1998. Flexible Leaf Orientations of *Arisaema heterophyllum* Maximize Light Capture in a Forest Understorey and Avoid Excess Irradiance at a Deforested Site. Annals of Botany, 82:297-307.

Observatório do tomate. 2015. Disponível em: <http://www.observatoriodotomate.pt/>. Acedido dia 25 de Maio de 2015

Piken, A.J.F, Stewart, K. Klapwijk, D. 1985. Germination and vegetative development in the tomato crop. Aherton, J.G. and Rudich, J. (Eds). Chapman and Hall, New York.

Verheul, M.J. 2012. Effects of plant density, leaf removal and light intensity on tomato quality and yield. *Acta Hort.*, 956:365-372

Wittwer, S. and Castilla, N. 1995. Protected Cultivation of Horticultural Crops Worldwide. *HortTechnology*, Jan./Mar., 5(1):6-23.

Anexo 1- Calendário das observações realizadas.

Sem	Data	Colheita da Folha					Medição das plantas					Medição da Acidez					Medição do °Brix				
		Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.	Seg.	Ter.	Qua.	Qui.	Sex.
51	14-20 Dez.												X								
52	21-27 Dez.					X									X					X	
1	28 Dez.-3 Jan.																				
2	4-10 Jan.												X					X			
3	11-17 Jan.					X															
4	18-24 Jan.												X					X			
5	25-31 Jan.					X					X										
6	1-7 Fev.										X		X					X			
7	8-14 Fev.					X					X										
8	15-21 Fev.										X		X					X			
9	22-28 Fev.					X					X										
10	1-7 Mar.										X		X					X			
11	8-14 Mar.					X					X										
12	15-21 Mar.										X				X					x	
13	22-28 Mar.					X					X										
14	29 Mar. – 4 Abr.										X				X					X	
15	5-11 Abr.					X									X					X	
16	12-18 Abr.														X					X	
17	19-25 Abr.					X									X					X	
18	26 Abr. – 2 Mai.														X						
19	3-9 Mai.					X									X					X	
20	10-16 Mai.																			X	
21	17-24 Mai.																			X	